



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Diseño de sistema de agua potable para habitantes de comunidades El Avispero y El Naranjo del municipio de Comalapa, Chontales.

Para optar al título de Ingeniero Civil

Autores:

Br. Hazell Carolina Huete Cienfuego

Br. Jurgen Kenneth Espinoza Flores

Tutor:

MSc. Ing. José Ángel Baltodano Maldonado

Managua, noviembre 2019

Dedicatoria

En primer lugar, agradezco a Dios, por permitirme la salud y la vida para poder concluir esta etapa, que representa un logro no solo para mí sino para mi familia.

A mis padres, Yasmina y Emilio, por su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida, especialmente a mi mamá, por depositar su confianza y esperanza en mí.

A Yetzael, mi hermanito y la alegría en nuestra pequeña familia.

A mi pareja, Jorgen Espinoza, por haber sido un apoyo y un compañero incansable en nuestra meta.

Hazell Carolina Huete Cienfuego

Dedicatoria

A **Dios Nuestro Señor**, creador del cielo y la tierra, por darme la vida y permitirme alcanzar una meta más, en mi formación profesional.

A mis padres **Ervin Espinoza** y **Yahaira Flores**, por darme su apoyo incondicional y su arduo esfuerzo en ayudarme a alcanzar todas mis metas y profesionalización.

A mi abuela **Julia Hernández**, por criarme durante mi infancia, darme todo su apoyo y cariño, ya que de no ser por ella no sería la persona que soy ahora.

A mi compañera y pareja, **Hazell Huete**, por darme su apoyo incondicional estos últimos años y ser una gran ayuda en este punto de mi vida.

Jurgen Kenneth Espinoza Flores

Agradecimientos

A Dios todopoderoso, que nos ha dado las energías y nos ha permitido la vida para llegar hasta donde estamos. Así mismo, por ampararnos en los momentos más difíciles de la vida.

A nuestros padres, por tratar de hacernos mejores personas y haber realizado muchos sacrificios para apoyarnos en nuestra educación. Por ser el apoyo incondicional en nuestras vidas.

A nuestro tutor, Ing. José Ángel Baltodano por brindarnos sus conocimientos y paciencia en torno a la realización de nuestro trabajo.

Al Ing. Mario Castellón, por mostrarse siempre dispuesto a apoyarnos y haberlo hecho siempre que le fue posible.

Al Ing. Rafael Taleno, por regalarnos tiempo para atender a nuestras dudas.

Hazell Carolina Huete Cienfuego

Jurgen Kenneth Espinoza Flores

RESUMEN

El presente documento contiene el proceso realizado en el diseño de dos sistemas de abastecimiento de agua en las comunidades El Avispero y El Naranjo, las cuales se encuentran ubicadas en el municipio de Comalapa, departamento de Chontales. Debido al escases de agua y de medios para abastecerse, se puede decir que la construcción de dichos sistemas es de suma importancia para el bienestar de la población.

En la realización de este trabajo se llevó a cabo un censo en las comunidades con el objetivo de obtener la información necesaria para la determinación de la población futura, así mismo, se realizaron los estudios topográficos y se exploró la zona para identificar las opciones del tipo de sistema a implementar. Las fuentes seleccionadas fueron examinadas mediante una prueba de calidad de agua. De este modo, el diseño contempla el abastecimiento de agua proveniente de pozos, a la cual se le aplicará como tratamiento de potabilización, la desinfección.

Las redes de distribución fueron analizadas en el software EPANET, con el cual se verificó que el agua llegará con la presión adecuada en todos los nodos, así mismo, se utilizó AutoCAD Civil 3D para obtener el perfil de la línea principal de tubería, además para la realización de los planos constructivos del sistema, como la estación de bombeo.

Índice de contenido

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Generalidades	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Generalidades	7
2.2.1. Ubicación del área de estudio	8
2.2.2. Características geofísicas	9
2.2.3. Características demográficas.....	10
2.2.4. Recursos hídricos	10
2.2.5. Actividad económica	10
2.3. Periodos de diseño	11
2.4. Proyección de población.....	12
2.5. Condiciones topográficas para un sistema de agua potable	13
2.6. Elementos de sistema de abastecimiento.....	14
2.6.1. Aforo de fuentes de abastecimiento	14
2.6.2. Criterios para la determinación de la calidad del agua	15
2.6.3. Análisis de calidad de agua.....	15
2.6.4. Fuente de abastecimiento.....	16
2.6.5. Línea de conducción.....	18

2.6.6. Red de distribución	20
2.6.7. Almacenamiento	24
2.7. Potabilización del agua	25
2.7.1. Desinfección	25
2.8. Análisis hidráulico de la red de abastecimiento en EPANET	27
2.9. Estación de bombeo	27
2.9.1. Tipos de bombas	28
2.10. Costos del sistema de abastecimiento	29
2.11. Tipos de sistemas de abastecimiento	30
III. DISEÑO METODOLÓGICO	31
3.5. Estudios preliminares	32
3.5.1. Estudio de población	32
3.5.2. Estudio topográfico	32
3.6. Dotación	33
3.7. Variaciones de consumo	33
3.8. Diseño de la red de distribución	34
3.9. Almacenamiento	35
3.10. Diseño de línea de impulsión	36
3.10.1. Cálculo de la carga total dinámica (CTD)	37
3.10.2. Cálculo de potencia de la bomba	38
3.10.3. Selección de bomba	39
3.10.4. Revisión del golpe de ariete	40
IV. CALCULOS Y RESULTADOS	41
5.1. Estudios preliminares	42
5.1.1. Análisis de censo	42

5.1.2. Proyección de población.....	44
5.1.3. Variaciones de consumo	44
5.2. Fuentes de abastecimiento.....	45
5.3. Diseño de la red de abastecimiento.....	46
5.3.1. Cálculo de diámetros teóricos de la red.....	46
5.3.2. Cálculo de demanda en los nodos.....	47
5.4. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento.....	48
5.5. Análisis hidráulico en EPANET	50
5.6. Cálculo de la línea de impulsión	57
5.6.1. Cálculo del diámetro de tubería	57
5.6.2. Cálculo de la carga total dinámica	58
5.6.3. Selección de la bomba	62
5.6.4. Revisión del golpe de ariete.....	64
5.7. Desinfección por cloro	67
5.7.1. Cálculo de dosificación del cloro	67
5.8. Elaboración de planos constructivos.....	69
5.9. Costos del proyecto	70
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
5.5. CONCLUSIONES.....	72
5.6. RECOMENDACIONES.....	74
VI. Bibliografía	75

Índice de tablas

Tabla 1. Periodos de diseños económicos de los elementos componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable	12
Tabla 2. Ventajas y desventajas de las fuentes de abastecimiento de aguas superficiales y subterráneas.....	17
Tabla 3. Eficiencia teórica de la bomba.....	39
Tabla 4. Eficiencia teórica del motor	39
Tabla 5. Número de personas por comunidad.....	42
Tabla 6. Resultados de consumos promedios.....	45
Tabla 7. Diámetros nominales en la comunidad El Naranjo	46
Tabla 8. Diámetros nominales en la comunidad El Avispero	46
Tabla 9. Demanda de nodos comunidad El Naranjo	47
Tabla 10. Demanda en nodos comunidad El Avispero	47
Tabla 11. Resumen de resultados para almacenamiento.....	49
Tabla 12. Resultados para nodos red de distribución comunidad El Naranjo	50
Tabla 13. Resultados para tuberías red de distribución El Naranjo	51
Tabla 14. Resultados para nodos red de distribución comunidad El Avispero.....	51
Tabla 15. Resultados para tuberías red de distribución comunidad El Avispero...	52
Tabla 16. Diámetro de tubería de impulsión.....	58
Tabla 17. Accesorios de la sarta de bombeo para ambas comunidades.....	59
Tabla 18. Accesorios en línea de impulsión para El Avíspero y El Naranjo	60
Tabla 19. Resultados de cálculo de CTD	61
Tabla 20. Datos para la revisión del golpe de ariete.....	64
Tabla 21. Dosificación del cloro para la comunidad El Naranjo	67
Tabla 22. Dosificación de cloro para la comunidad El Avispero	68
Anexo 3.Tabla 23. Parámetros bacteriológicos	v
Anexo 4.Tabla 24. Parámetros fisicoquímicos	vi

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Macro localización del proyecto	8
Ilustración 2. Macro localización del proyecto	8
Ilustración 3. Micro localización de comunidades beneficiadas con proyecto	9
Ilustración 4. Red de distribución abierta.....	21
Ilustración 5. Bomba centrífuga de eje vertical	28
Ilustración 6. Sistema de abastecimiento bombeo-gravedad.....	30
Ilustración 7. Poder adquisitivo vs disposición de pago de pobladores El Naranjo	43
Ilustración 8. Poder adquisitivo vs disposición de pobladores El Avispero en construcción del proyecto.....	43
Ilustración 9. Presiones en nodos de red de comunidad El Naranjo con caudal de diseño	53
Ilustración 10. Presiones en nodos de red de comunidad El Naranjo, sin caudal.	54
Ilustración 11. Presiones en nodos de red comunidad El Avispero con caudal de diseño	55
Ilustración 12. Presiones en nodos de red de comunidad El Avispero sin caudal.	56
Ilustración 13. Selección de bomba para comunidad El Naranjo	62
Ilustración 14. Selección de bomba para comunidad El Avispero	63

Índice de Anexos

Anexo 1. Formato de censo aplicado a comunidades	i
Anexo 2. Niveles de calidad de aguas para tipo 1	iv
Anexo 3.Tabla 23. Parámetros bacteriológicos	v
Anexo 4.Tabla 24. Parámetros fisicoquímicos	vi
Anexo 5. Análisis de calidad de agua para pozos de cada comunidad	vii
Anexo 6. Presupuesto de sistema de abastecimiento comunidad El Naranjo... ..	viii
Anexo 10. Presupuesto de sistema de abastecimiento comunidad El Avispero	xi

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades

El acceso al vital líquido es limitado para algunas poblaciones, ya sea porque geográficamente no se vieron favorecidas con la disponibilidad de recursos hídricos o porque, la poca que tienen, no prestan las condiciones adecuadas. Esta parte de la población constituye, normalmente, una fracción de las personas más pobres en el planeta y con mayores índices de enfermedades.

Siendo el agua uno de los elementos esenciales para la vida, es también un factor necesario para el desarrollo de ciudades, ya que es fundamental en las actividades económicas, como la agricultura, la ganadería, producción de energía eléctrica, entre otras.

Así mismo, es vital para la salud y bienestar de las personas, como parte de la higiene y el saneamiento. De modo que, ha de garantizarse que la población tenga acceso a agua limpia y de calidad para sus actividades cotidianas y, sobre todo, para su consumo. Con base en esto, los gobiernos contemplan al agua potable como uno de los servicios básicos que deben proveer a la población.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de diseñar dos sistemas de agua potable para las comunidades El Avispero y El Naranjo, ubicadas en el municipio de Comalapa, departamento de Chontales. La ejecución de dicho proyecto constituye gran mejora en la calidad de vida de la población beneficiada.

Este documento encierra el proceso realizado para el diseño de dichos sistemas, así como los parámetros y criterios que sirvieron de base y son garantes de la calidad del agua que se distribuirá a la población.

1.2. Antecedentes

Actualmente, no existen investigaciones previas sobre la implementación de un sistema de agua potable para las comunidades en estudio. Según información obtenida en la localidad, la Alcaldía Municipal de Comalapa construyó un pozo perforado en El Naranjo, en el año 2014, con una profundidad de 225 m.

Situación actual de abastecimiento de agua

A través de visita realizada, por parte de los sustentantes, a las comunidades en estudio, se indagó que los habitantes de El Avispero, dejaron de utilizar el agua de río por la sequía del mismo; actualmente ocupan los pozos para suplir todas sus necesidades. Cabe mencionar, que la población no realiza ningún tipo de tratamiento al agua, como cloración o filtración; la consumen en el estado en que la extraen. Uno de los pozos es perforado y el otro excavado a mano.

Los pozos perforados están provistos de bombas manuales. Gran parte de la comunidad El Naranjo únicamente utiliza el agua de las fuentes superficiales, por lo largo que les resulta ir hasta el pozo.

Por su parte, El Avispero tiene tres pozos, uno de ellos es excavado a mano y se encuentra en mal estado, por falta de mantenimiento, mientras que los otros poseen un caudal insuficiente en época de verano. Los pozos perforados están provistos de bombas manuales. Los pobladores realizan el acarreo de agua a pie, usando cubos y otros recipientes de plástico. Acarrear agua tanto de los pozos como de los ríos cercanos a las viviendas.

En El Avispero se utiliza agua del río para bañarse y lavar ropa; el agua proveniente de los pozos es para cocinar y tomar.

1.3. Justificación

La mayoría de las zonas rurales en Nicaragua tienen acceso limitado a fuentes de agua de calidad que permitan abastecer a toda la comunidad de forma segura. Las construcciones de sistemas de distribución conllevan estudios previos especializados en áreas de la ingeniería, además, requieren inversiones cuya magnitud depende de las condiciones de la localidad.

Comalapa es muestra de las zonas que enfrentan serios problemas para la obtención del agua. En las comunidades El Avíspero y El Naranjo, especialmente, el acceso al vital líquido es limitado y se encuentra condicionado por las estaciones del año, debido a la sequía de las fuentes hídricas durante el verano.

La forma dispersa en la que se encuentra asentada la población, más la pobreza de ésta, no han permitido la construcción de un sistema que al menos ofrezca una opción para el tratamiento del agua. Los pocos recursos de la Alcaldía Municipal y el hecho de que se trate de comunidades rurales, dificultan el traslado de materiales y asistencia técnica para la construcción del proyecto. Esto no significa que sea imposible darle solución a la problemática.

Cabe mencionar que el consumo de agua, en buen estado, incide positivamente en la salud de cualquier persona y elimina la posibilidad de exponerse directamente a enfermedades de origen hídrico. Así mismo, la distribución del vital líquido generará bienestar a la población, que actualmente, realiza grandes esfuerzos físicos para poder llevar el agua hasta sus hogares.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Realizar diseño de sistema de agua potable para habitantes de comunidades El Avispero y El Naranjo del municipio de Comalapa, Chontales.

1.4.2. Objetivos específicos

- Aplicar censo poblacional a las comunidades El Naranjo y El Avispero, identificando la población beneficiada por el sistema de abastecimiento de agua.
- Realizar levantamiento topográfico en las comunidades, como requerimiento en el diseño de la red de distribución.
- Realizar análisis hidráulico de la red de abastecimiento haciendo uso del software EPANET.
- Dimensionar los elementos que comprendería el sistema de agua potable.
- Determinar el tipo de tratamiento que amerite la fuente de abastecimiento, asegurando así, el cumplimiento de normativas de calidad del agua para consumo humano.
- Dibujar los planos constructivos y determinar los costos del proyecto.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades

Los sistemas de agua potable, de manera general, comprenden el proceso de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución del recurso hídrico. El diseño de éstos, requiere de recopilación de información poblacional y topográfica, como parte de los estudios preliminares.

Además, debe cumplir con los criterios y normativas establecidas por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA) en las Normas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento y Potabilización del Agua y los parámetros establecidos por la Norma Regional de Calidad del Agua.

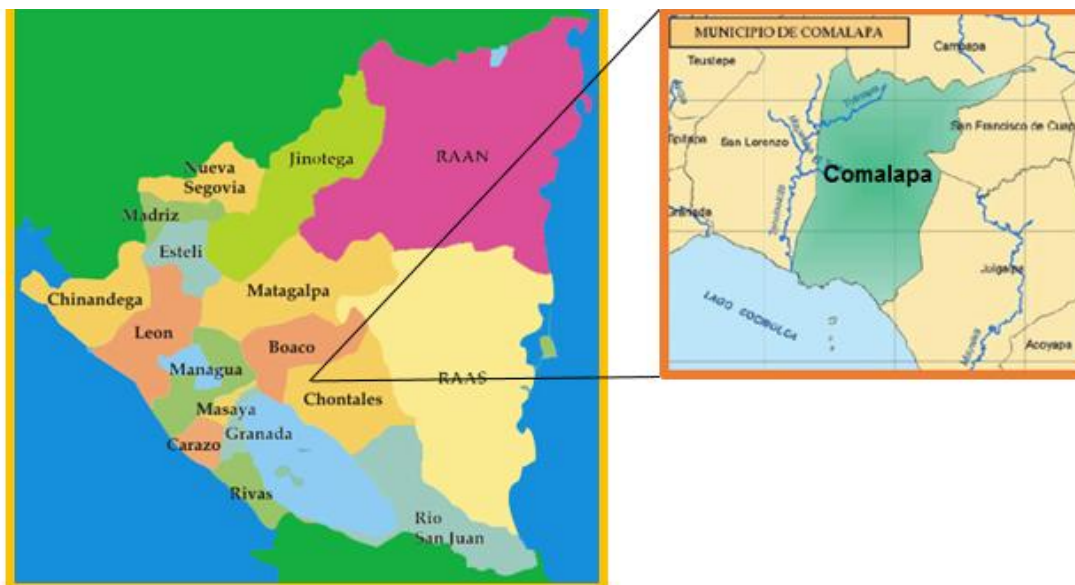
El sistema diseñado debe representar una propuesta que resulte ser la económica y funcionalmente más conveniente para la localidad. Para ello, se debe de explorar la zona, indagar sobre la situación socioeconómica de la población y las opciones que ofrece la topografía para el diseño del sistema.

2.2. Descripción del área de estudio

2.2.1. Ubicación del área de estudio

- a) Municipio: Comalapa
- b) Departamento: Chontales
- c) Coordenadas geográficas: Latitud 12° 16' Norte
Longitud 85° 30' Oeste
- d) Ubicación:

Ilustración 1. Macro localización del proyecto

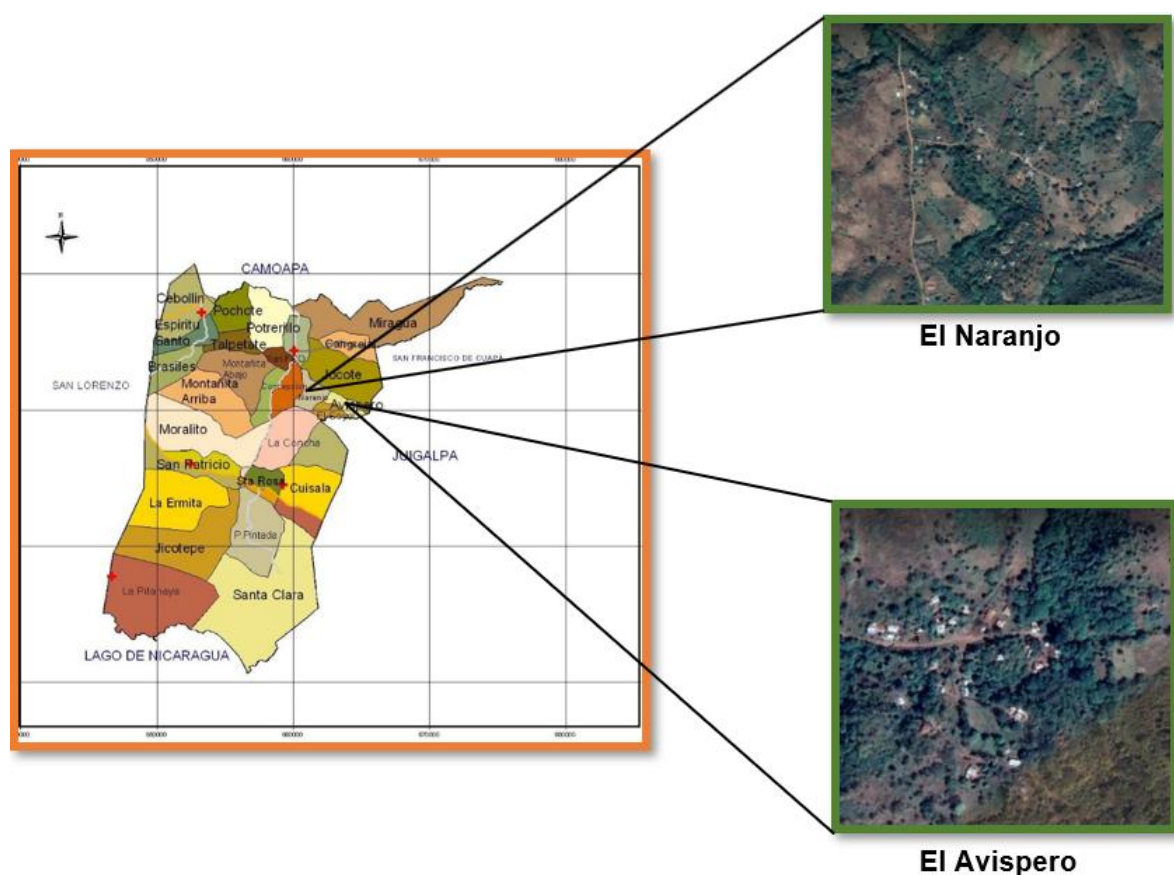


Fuente: Propia

Los límites del municipio son:

- Al Norte: Municipio de Camoapa (Dpto. Boaco)
- Al Sur: Gran Lago de Nicaragua (Cocibolca)
- Al Este: Municipio de Cuapa y Juigalpa (Dpto. de Chontales)
- Al Oeste: Municipio de San Lorenzo (Dpto. de Boaco).

Ilustración 3. Micro localización de comunidades beneficiadas con proyecto



Fuente: Propia

2.2.2. Características geofísicas

Comalapa se encuentra sentado sobre un terreno bastante ondulado. Comprende las montañas de Oluma, San Francisco, las Cruces y El Chombón y con altura importante el Cerro de Miraguas. Los niveles de elevación sobre el nivel del mar están concentrados en una escala que van de 0 a 200 y de 200 a 400 metros, clasificados como moderadamente bajos y llegando hasta terrenos bajos en lo que corresponde a la zona costera con el Lago de Nicaragua. En términos generales la altitud sobre el nivel del mar es de 270 metros.

2.2.3. Características demográficas

Según censo aplicado en el año 2017, por parte de los sustentantes de este trabajo, en El Naranjo habitan 133 personas y en El Avíspero 110, incluidos niños, adultos y personas de la tercera edad. En promedio, cada vivienda se encuentra habitada por 5 personas. En el Naranjo, la población está asentada de forma más dispersa que en El Avispero.

2.2.4. Recursos hídricos

Comalapa es atravesado por varios ríos, aunque nacen en otros municipios, son de vital importancia para su población. Entre los principales ríos se encuentran: río Tecolostote, río Cuisalá, El Jocote, Paso Real o Cofradía, río Potrerillos o Tolinapa. La mayor parte de éstos desembocan en el Lago de Nicaragua.

2.2.5. Actividad económica

Según un estudio realizado por Corea y Asociados, S.A (CORASCO, 2010):

La actividad agrícola en el municipio se basa en la producción de granos básicos (maíz, frijol, sorgo millón). La producción es atendida con medianos y pequeños productores, el riesgo más frecuente de esta actividad son pérdidas de cosechas causada por los inviernos irregulares. La producción de granos básicos es comercializada en los pueblos vecinos estimando un 40% para el consumo local.
(p.16)

Esta actividad es desarrollada de forma tradicional y fundamentalmente para la subsistencia. La mayor parte del área de cultivo es destinada para la producción de maíz y frijol. A pesar de poseer más tierra para la cosecha, los pobladores se limitan a sembrar, principalmente para el autoconsumo.

2.2.6. Servicios básicos

➤ Educación

En cada comunidad tienen una escuela primaria, las cuales cuentan con infraestructura propia, sin embargo, la población que asiste a la secundaria debe trasladarse a la zona urbana del municipio para recibir sus clases.

➤ Salud

En la comunidad El Naranjo se encuentra un centro de salud activo, El Avispero, por su parte, no posee puesto médico.

2.3. Periodos de diseño

Un sistema de abastecimiento de agua potable supone la determinación del periodo de diseño de cada uno de los componentes que harán parte dentro de este.

Se le llama periodo de diseño económico al tiempo en que la obra funcionará al cien por ciento de su capacidad, sin representar costos adicionales para brindar el servicio. El periodo inicia desde que se pone en marcha el servicio hasta que deja de funcionar eficientemente.

A continuación, se presentan los periodos de diseños económicos de los elementos componentes de un sistema de abastecimiento de agua.

Tabla 1. Periodos de diseños económicos de los elementos componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable

Tipos de componentes	Período de diseño
Pozo excavado	10 años
Pozo perforado	15 años
Captaciones superficiales y manantiales	20 años
Desarenador	20 años
Filtro lento	20 años
Líneas de conducción	15 años
Tanque de almacenamiento	20 años
Red de distribución	15 años

Fuente: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA)

En la elección del periodo de diseño se deben considerar los siguientes factores:

- Posibilidad de construir el proyecto en etapas
- Situación económica de la población
- Tendencia del crecimiento poblacional en la zona

Uno de los factores determinantes es el periodo de vida útil de los elementos componentes del sistema. Es decir, el tiempo que éstos soportarán el desgaste, ya sea por el tiempo o por los daños que puedan sufrir.

2.4. Proyección de población

La proyección de la población tiene el propósito de estimar el número de habitantes futuros de las comunidades a beneficiar. De modo que, el diseño se realiza con la población proyectada, para asegurar la satisfacción de las condiciones inmediatas y futuras de la población. En los proyectos de abastecimiento de agua potable, uno de los factores fundamentales es el número de personas beneficiadas con estos.

Según el INAA, para el cálculo de la población futura, en zonas rurales, se utiliza el método geométrico, con una tasa de crecimiento de 2.5% a 4%. Si se carece de información poblacional para iniciar el proyecto, se debe realizar un censo en la localidad.

2.5. Condiciones topográficas para un sistema de agua potable

En todo proyecto de ingeniería civil es necesario estudiar la topografía del sitio antes, durante, y en ocasiones después de la construcción, esto con el objetivo de verificar las condiciones del terreno. Es decir, comprobar que las características del relieve son las óptimas para llevar a cabo la obra, ya sea un edificio, carretera, puente o, en este caso un sistema de agua potable, para lo cual se requieren de geomorfologías específicas.

Todas las áreas referentes a ingeniería civil, necesitan como estudio preliminar a la topografía. Los diseños, por ejemplo, de líneas de conducción de agua potable, se apegan al relieve del lugar, la combinación de ambas debe de resultar en una serie de opciones que ofrezcan la mejor solución técnica y económica, así mismo ha de cumplir con los estándares de calidad establecidos para el proyecto.

La topografía proporciona una serie de datos para la realización del diseño, como las elevaciones en los puntos de interés (nodos), además, es un elemento que ayuda a determinar la forma de la red y la ubicación del tanque de almacenamiento. Es el tipo de información que define el costo operativo y monetario de la obra, pues los materiales a utilizar se deben adecuar a las condiciones del sitio.

2.6. Elementos de sistema de abastecimiento

Un sistema de abastecimiento tiene el propósito de conducir agua, desde la fuente, ya sea superficial o subterránea, hasta la población donde será distribuida, a través de redes de tuberías. Estos sistemas se pueden clasificar según el tipo de usuario, en urbano o rural, siendo el último más sencillo.

A continuación, se presentan los principales elementos que constituyen un sistema de abastecimiento de agua potable:

2.6.1. Aforo de fuentes de abastecimiento

El aforo consiste en la medición del volumen de agua en un tiempo determinado. Esta actividad se realiza en el período de estiaje para conocer los caudales mínimos y determinar si esa fuente puede abastecer a la cantidad de personas que se prevé beneficiar con el sistema. El valor del caudal mínimo debe ser mayor que el caudal máximo diario.

➤ Aforo de pozo

El aforo a un pozo proporciona información sobre la producción de caudales del mismo, lo cual sirve para la selección del equipo de bombeo más adecuado, según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) de México:

La metodología para realizar una prueba de bombeo consiste en bombear un pozo que esté perforado en el acuífero que se desea estudiar, durante un cierto tiempo, a un determinado caudal y medir la evolución del nivel piezométrico debida al bombeo, tanto en el mismo pozo de bombeo como en piezómetros y pozos cercanos (pozos de observación).

2.6.2. Criterios para la determinación de la calidad del agua

La Normativa Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON 05 007-98) establece los parámetros para determinar la calidad de los cuerpos de agua, de acuerdo con los usos a los cuales se destinen. Los recursos hídricos se clasifican en seis tipos, se abordarán únicamente las referidas a agua potable:

Tipo 1. Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que ésta forme parte de un producto o sub-producto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él. Las aguas de este tipo se dividen en dos categorías:

Categoría 1-A: Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes.

Categoría 1-B: Aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y/o cloración.

En el anexo 2 se muestran los niveles de calidad mínimos que ha de cumplir la fuente para clasificar como agua tipo 1.

2.6.3. Análisis de calidad de agua

La evaluación de calidad de agua se realiza con el fin de determinar el estado fisicoquímico y bacteriológico de ésta, ya que, en su estado natural, presenta diversos tipos de contaminantes, los cuales pueden variar en dependencia del tipo de fuente, uso de suelo de las áreas circundantes, minerales presentes en el suelo, entre otros. Es decir, consiste en conocer los parámetros que presenta el agua en estudio, para garantizar la potabilización de la misma, o bien, determinar si no es apta para el consumo humano.

Dichos análisis se realizan antes de elegir una fuente y en las plantas de agua potable, con el fin de controlar y asegurar que el líquido distribuido cumple con los requerimientos necesarios para su consumo, por ello, se examina periódicamente. Para que el agua sea potable debe cumplir con los estándares de calidad establecidos por la Normativa Regional de Agua de Consumo Humano para América Central y el Caribe (CAPRE), ver anexo 3, tabla parámetros bacteriológicos y anexo 4, tabla parámetros fisicoquímicos.

2.6.4. Fuente de abastecimiento

La fuente es el lugar natural del cual se obtienen los caudales para suministrar a la población. Refiere INAA, (2017):

La fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable, constituye el elemento más importante de todo el sistema, por tanto: debe estar lo suficientemente protegida y debe cumplir dos propósitos fundamentales.

Suministrar agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda de la población durante el período de diseño considerado.

Mantener las condiciones de calidad necesarias para garantizar la potabilidad de la misma (p. 18).

En las Normas referentes al Diseño de Agua Potable en el medio Rural de INAA, se contempla como fuentes de abastecimientos a los manantiales y pozos. Cabe mencionar que las fuentes de aguas superficiales también son una opción a tomar en cuenta en la selección de ésta.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de las fuentes de abastecimiento de aguas superficiales y subterráneas

SUPERFICIALES		SUBTERRÁNEAS	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Disponibilidad	Fácilmente contaminables	Protección	Alta dureza
Visibles	Calidad variable	Bajo color	Relativa inaccessibilidad
Limpiables	Alto color	Baja turbiedad	No limpiables
Baja dureza	Alta turbiedad	Calidad constante	
	Olor y color biológico	Baja corrosividad	
	Alta materia orgánica	Bajo contenido de materia orgánica	

Fuente: Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario

Las fuentes subterráneas son ampliamente utilizadas en las zonas rurales, sobre todo a través de la excavación de pozos. Como se puede apreciar en la tabla 2, ofrece grandes ventajas frente al uso de aguas superficiales, entre ellas calidad constante, que facilita el tratamiento en zonas donde no se cuenta con mano de obra especializada, como es el caso de las comunidades en estudio.

2.6.4.1. Pozos

Los pozos son obras de captación vertical, que permiten la extracción del agua freática contenida en los acuíferos, utilizados, comúnmente, en lugares donde las fuentes superficiales son escasas. Existe variedad en longitudes, diámetros, volúmenes y calidad del líquido, el cual es extraído de forma sencilla, en recipientes o bombas manuales.

En un sistema de abastecimiento, la selección del pozo dependerá de la calidad y cantidad de agua que se requiera para abastecer a la población. En época de estiaje, debe ser suficiente para el suministro de las comunidades. Los pozos comúnmente utilizados para sistemas del área rural son perforados.

➤ **Pozos Perforados**

Son pozos perforados aquellos que, por medio de la acción giratoria de una herramienta cortante, alrededor de un eje vertical, rompe y tritura las rocas y lleva los residuos del suelo hasta la superficie. Pueden alcanzar profundidades de hasta 300 m.

Pueden realizarse a través de diferentes técnicas, dependiendo de las herramientas que se utilizarán y de algunos parámetros como, la profundidad de la capa freática, diámetro deseado, características del terreno a excavar y los medios técnicos disponibles.

2.6.5. Línea de conducción

La línea de conducción es el conjunto de tuberías y accesorios necesarios para transportar el agua desde la fuente u obra de captación hasta la comunidad. Existen dos tipos, por gravedad y por bombeo. La primera aplica cuando la fuente se encuentra en un nivel mayor que la población, el segundo, en caso contrario.

Específicamente, la tubería traslada el agua del pozo al proceso de tratamiento, de éste al depósito de almacenamiento y luego a la red de distribución. Según (Maldonado), las conducciones dirigidas de la fuente al sistema de tratamiento, pueden ser:

- a. Canales abiertos
- b. Canales cerrados a superficie libre
- c. Conductos cerrados a presión
- d. Conducciones mixtas

Los criterios de diseño para líneas de conducción, dictados por las normas del INAA son las siguientes:

➤ **Velocidad mínima:**

La velocidad mínima es de 0.4 m/s en zonas rurales. Con esta se garantiza que el flujo tendrá la velocidad necesaria para arrastrar los sedimentos.

➤ **Velocidad máxima:**

La velocidad máxima permitida es de 2 m/s, debido al desgaste que sufre la tubería con velocidades mayores a ésta.

2.6.5.1. Golpe de ariete

Un golpe de ariete es un aumento repentino de la presión causado por un cambio rápido en la velocidad de caudal de la tubería. Expresa (Lahlou, 2009):

El golpe de ariete se refiere a las fluctuaciones causadas por un repentino incremento o disminución de la velocidad del flujo. Estas fluctuaciones de presión pueden ser lo suficientemente severas como para romper la tubería de agua. Los problemas potenciales del golpe de ariete pueden ser considerados al evaluarse el diseño de las tuberías y cuando se realiza un análisis detallado de las oscilaciones de presión, en muchos casos para evitar malos funcionamientos costosos en el sistema de distribución. p. 1

Debido a la sobrepresión que genera el golpe de ariete en la tubería, este se debe de calcular y revisar a fin de asegurar que ésta sea capaz de soportar estas presiones junto a las generadas por el flujo.

2.6.6. Red de distribución

La red de distribución se encarga de conducir el agua hasta el consumidor. Es una serie de tuberías cerradas que funcionan bajo presión. Dependiendo de la forma en la que se encuentre asentada la población, pueden ser de red abierta o malla cerrada, ver ilustración 4, red de distribución abierta.

La red de distribución se debe diseñar para el consumo de hora máxima al final del periodo de diseño.

Esta debe de cumplir las siguientes funciones:

- Suministrar el agua potable suficiente a los diferentes consumidores en forma sanitariamente segura.
- Proveer suficiente agua para combatir incendios en cualquier punto del sistema.

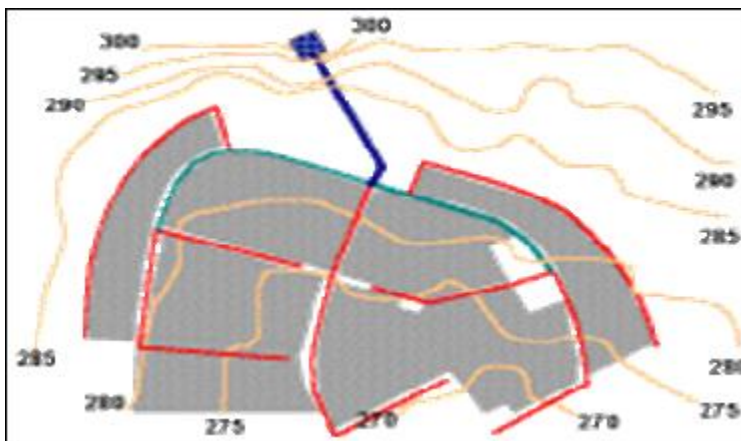
2.6.6.1. Red de distribución abierta

En este tipo de red el agua circula a través de una línea principal, a la cual se conectan tuberías secundarias, terciarias, etc. El diámetro de la tubería en los ramales es menor a la principal.

Debido a su propia forma, puede presentar los siguientes problemas:

- Posibilidad de estancamiento del agua.
- Un único camino de distribución para cada punto final.
- Pérdida de la efectividad del cloro residual en las zonas con poco uso.

Ilustración 4. Red de distribución abierta



Fuente: Organización Panamericana de la Salud (OPS)/Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS)

El dimensionamiento de las redes abiertas o ramificadas se realizará de acuerdo con los siguientes criterios:

- Se admitirá que la distribución del caudal sea uniforme a lo largo de la longitud de cada tramo.
- La pérdida de carga en el ramal será determinada para un caudal igual al que se verifica en su extremo.
- Cuando por las características de la población se produzca algún gasto significativo en la longitud de la tubería, éste deberá ser considerado como un nudo más.

2.6.6.2. Materiales

Las tuberías son conducciones sometidas a presión, enterradas y expuestas a humedad, por lo que es importante elegir un material que sea resistente y a la vez económico, para la selección de éste, se deberá tomar en cuenta los siguientes factores:

- Resistencia a la corrosión y agresividad del suelo.
- Resistencia a los esfuerzos mecánicos producidos por las cargas, tanto externas como internas.
- Características de comportamiento hidráulico del proyecto (presiones de trabajo, golpe de ariete).
- Condiciones de instalación adecuadas al terreno.
- Resistencia contra la tuberculización e incrustación.
- Vida útil de acuerdo a la previsión del proyecto.

2.6.6.3. Accesorios y obras complementarias a la red

Las redes de distribución se encuentran provistas de accesorios que contribuyen a que el sistema funcione de forma más eficiente. Entre los más comunes se encuentran las válvulas, éstas tienen nombre según la función que cumplen. Son indispensables en las instalaciones de tuberías y bombas. Entre ellas se encuentran:

➤ Válvula de limpieza

Se coloca en las partes bajas del terreno que siguen las tuberías, donde se pueden acumular sedimentos o arenillas.

➤ **Válvulas de aire**

Se encargan de eliminar el aire que se acumula en los puntos más altos de la conducción formando colchones elásticos que originan variaciones de caudal y presión.

➤ **Válvulas de control**

Sirven para regular el caudal por sectores, necesario cuando se realizan mantenimientos y reparaciones.

➤ **Válvulas reductoras de presión**

Su objetivo es reducir la presión aguas abajo, protegiendo a la tubería de sobrepresiones.

2.6.7. Almacenamiento

Los depósitos de almacenamiento tienen el propósito de compensar las variaciones en el consumo, así mismo reservar agua ante eventualidades debidas al mantenimiento o interrupción del servicio. Su localización debe estar acorde a la topografía, a fin de que brinde presiones eficientes para el sistema de distribución. El tipo de almacenamiento a utilizar, depende de la topografía del terreno donde se ubica la población y la fuente, de las presiones requeridas en la red y de los recursos económicos de la población.

2.6.7.1. Tanques sobre el suelo

Los tanques estarán colocados sobre el suelo cuando la topografía del sitio lo permita y no se requiera de mayor altura para cumplir con las presiones en las tuberías de la red. Estos pueden ser de concreto, hormigón armado o acero. Se complementan con accesorios y deben colocarse sobre una losa de concreto para proteger su infraestructura.

2.7. Potabilización del agua

Se denomina agua potable a aquella que puede ser consumida por el ser humano, sin representar ningún riesgo a la salud de las personas, siendo esta libre de bacterias, parásitos o componentes nocivos para el organismo, ya sea a corto o largo plazo. Debido a que el líquido, en su estado natural, no reúne dichas condiciones, se somete a tratamiento, a fin de cumplir con los parámetros antes mencionados.

Al proceso de tratar el agua volviéndola apta para el consumo, se le denomina potabilización. Dichos procesos son acordes a la calidad en que se encuentra el líquido, mientras menos parámetros cumpla, más tratamiento necesitará. Es importante mencionar que, toda agua destinada al consumo humano deberá pasar, como mínimo, por el tratamiento de desinfección.

2.7.1. Desinfección

La desinfección es el proceso que se aplica al agua para desactivar o eliminar microorganismos patógenos. Es totalmente necesaria para la potabilización y, generalmente, constituye el último paso en la purificación.

Se realiza por medio de componentes físicos o químicos, los cuales deben tener un efecto residual para evitar la reproducción de estos microorganismos y la posibilidad de que el agua se vuelva a contaminar estando en las tuberías.

Menciona INAA:

Existen varias sustancias químicas que se emplean para desinfectar el agua, siendo el cloro el más usado universalmente, dado a sus propiedades oxidantes y su efecto residual para eliminar contaminaciones posteriores;

también es la sustancia química que más económicamente y con mejor control y seguridad se puede aplicar al agua para obtener su desinfección. (p. 50)

En los sistemas rurales, se utiliza el cloro en forma de hipoclorito, que a su vez se encuentran en forma de pastillas o polvo blanco, el cual es aplicado al agua con una carga constante, a través de un clorinador.

2.8. Análisis hidráulico de la red de abastecimiento en EPANET

El análisis hidráulico se realiza con el fin de determinar el comportamiento del agua dentro de la red de distribución, a su vez tener un mejor manejo y control del caudal y las presiones en cada uno de los nodos, garantizando así los valores mínimos y máximos de las presiones establecidas por INAA.

Para ello se puede hacer uso del Software EPANET, el cual, según Alcaraz, (2006) “Es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión” (p.5).

En la actualidad este software se ha vuelto indispensable en el estudio y análisis de redes de abastecimiento, debido a la obtención de resultados confiables y de manera instantánea.

2.9. Estación de bombeo

Las estaciones de bombeo son un conjunto de obras civiles, dotadas de tuberías y accesorios que toman el agua de la fuente de abastecimiento y la impulsan hacia el reservorio o tanque de almacenamiento, en algunos casos, directamente hacia la red de distribución. Se encuentran compuestas por los siguientes elementos:

- Caseta de bombeo
- Equipo de bombeo
- Grupo generador de energía y fuerza motriz
- Tubería de impulsión
- Válvulas de regulación y control
- Equipos para cloración
- Cerco de protección para la caseta de bombeo.

2.9.1. Tipos de bombas

Las bombas son máquinas que comunican energía al líquido que circula a través de ellas, debido la transformación de la energía mecánica que se les aplica. Existen de diferentes tipos y capacidades y son seleccionadas en base a las necesidades de cada sistema, fundamentalmente, al caudal que se requiere bombear.

➤ Bombas verticales

Son equipos que tienen el eje de transmisión de forma vertical. Son utilizados, generalmente, en pozos perforados. Para su selección se toman en cuenta la profundidad del pozo, flexibilidad de operación, curvas características de las bombas, entre otros.

Ilustración 5. Bomba centrífuga de eje vertical



Fuente: Bombas y Mantenimiento Industrial SA de CV (BYMISA)

2.10. Costos del sistema de abastecimiento

El costo que tendrá la producción y distribución de agua potable en una comunidad, depende de las condiciones de la localidad. Es decir, no se puede hablar de un costo general del agua, se debe evaluar específicamente el valor del sistema que se pretende desarrollar.

La disposición de pago, por parte de la población es un factor importante para la sostenibilidad del sistema, el cual debe asegurar tanto la cobertura a todos los consumidores como la calidad del servicio.

De acuerdo con Münger y Schmid, (2008), existen muchas opciones técnicas para el abastecimiento de agua en áreas rurales, como por ejemplo pozos excavados manualmente, pozos perforados equipados con diferentes modelos de bombas, sistemas de distribución de agua por tuberías con sistema por gravedad o de bombeo, etc. (p.6).

Sin embargo, ante estas alternativas se debe considerar la que proporcione el mejor servicio y requiera menos costos en su ejecución, operación y mantenimiento.

2.11. Tipos de sistemas de abastecimiento

De acuerdo a la ubicación de la fuente y topografía del terreno se consideran dos tipos de sistemas, de gravedad y de bombeo. Es importante seleccionar una fuente o una combinación que permita abastecer a la población con la cantidad suficiente.

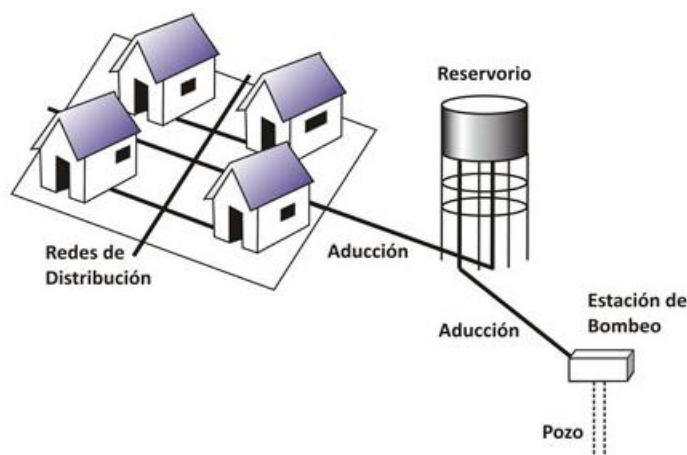
➤ Sistemas de abastecimiento combinado (bombeo-gravedad)

Si la topografía del sitio lo permite, se puede colocar un tanque intermedio, entre la línea de conducción y la red de distribución, de manera que, la primera parte trabaje por bombeo y la segunda por gravedad. Es decir, impulsar el agua hasta el reservorio y luego conducirla a la red, por acción de la gravedad.

Lo anterior, se realiza cuando la línea de conducción se ve obligada a pasar por puntos más altos a la elevación de la fuente, o bien, por conveniencia en el diseño, por ejemplo, garantizar la presión y velocidad adecuada con esa diferencia de altura y evitar mayores costos.

En la ilustración 6, se muestra un sistema combinado que trabaja con las características antes mencionadas. Éstos, también pueden incluir una planta de tratamiento, ubicada antes del tanque de almacenamiento.

Ilustración 6. Sistema de abastecimiento bombeo-gravedad



Fuente: Cooperación Alemana

III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.5. Estudios preliminares

3.5.1. Estudio de población

Se llevó a cabo un censo en ambas comunidades, por lo necesario de conocer la cantidad de habitantes como información de antemano para el diseño. Con la información obtenida, se proyectó la población para un periodo de vida útil de 15 años, el cual es el periodo de diseño económico asignado para los pozos perforados, línea de conducción y red de distribución, según normas del INAA (Ver tabla 1). Para ello, se utilizó el método geométrico, expresado en la siguiente ecuación.

$$P_n = P_o (1 + r)^n \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

P_n : Población del año “n”

P_o : Población al inicio del período de diseño

r : Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en notación decimal.

n : Número de años que comprende el período de diseño.

La tasa de crecimiento se obtuvo a partir de información proporcionada por la Alcaldía Municipal de Comalapa.

3.5.2. Estudio topográfico

Se realizó un levantamiento topográfico, utilizando como herramienta principal una estación total. Los datos obtenidos se importaron en AutoCAD Civil 3D. Se levantaron un total de 860 puntos, los cuales se encuentran contenidos de forma digital en los discos adjuntos a este documento.

El levantamiento topográfico contempla la elevación de la línea principal y de cada vivienda que se encuentra dentro de la red de distribución. Así mismo, la elevación del sitio donde estarán ubicados los tanques de almacenamiento. Se trazó la línea de impulsión y se obtuvieron las curvas de nivel en AutoCAD Civil 3D y el perfil longitudinal de la línea de impulsión.

3.6. Dotación

Las Normas rurales de INAA contemplan una dotación de 50-60 lppd para conexiones domiciliarias de patio. Se utilizó la dotación máxima de 60 lppd.

Para el consumo público e institucional se asignó el 7% de la dotación doméstica diaria, según lo determinan normas, ya que existen un centro de salud y una escuela en las comunidades.

3.7. Variaciones de consumo

Con el cálculo de la población futura se determinó Consumo Promedio Diario (CPD), Consumo Máximo Día (CMD) y Consumo Máximo Hora (CMH).

➤ Consumo promedio diario (CPD)

Para el consumo promedio diario se determinó una población futura de 204 personas para la comunidad El Naranjo y 169 para El Avispero. La ecuación utilizada es la que se muestra a continuación:

$$CPD = \frac{(Consumo\ doméstico + Consumo\ Comercial + Consumo\ Público) *}{Población\ futura} \quad (Ecuación\ 2)$$

➤ **Consumo máximo día (CMD)**

$$CMD = (1.5 * CPD) + \text{pérdidas} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Las pérdidas a considerar en el sistema es un porcentaje del consumo promedio diario, mismo no debe de excederse del 20%, al final del periodo de diseño.

➤ **Consumo máximo hora (CMH)**

El CMH está sujeto al CMD, se consideró también el valor máximo del 20% del CPD para las pérdidas.

$$CMH = (2.5 * CMD) + \text{pérdidas} \quad (\text{Ecuación 4})$$

3.8. Diseño de la red de distribución

De AutoCAD civil 3D se importaron los datos a EPANET, tomando en cuenta solo la línea principal de la tubería, de modo que, se garantizará la presión adecuada para los nodos más alejados del tanque y con mayor elevación.

El procedimiento realizado fue el siguiente:

- Se obtuvieron longitud de las tuberías entre cada nodo.
- Se determinó un caudal unitario en función del total de metros de tuberías y el caudal de diseño.

$$Q_u = \frac{Q}{L_T} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

Qu: Caudal unitario

Q: Caudal de diseño

LT: Longitud total de tubería

- Haciendo uso del caudal unitario se determinaron los caudales teóricos.

$$Q_T = Q_u \times L \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

Q_T: Caudal teórico de una tubería

L: Longitud de la tubería

- Se determinaron los caudales concentrados de cada nodo haciendo uso del método de la longitud unitaria.
- Se importó la red de AutoCAD Civil 3D a EPANET para luego simularla, con los diámetros teóricos.
- Haciendo uso de los parámetros de velocidad en tuberías y presiones en los nodos impuestos por las normas del INAA para zonas rurales, se hicieron correcciones de diámetros, obteniendo así los diámetros reales.

3.9. Almacenamiento

El agua será almacenada en un depósito, cuyas dimensiones se determinaron en base al CPD y los distintos volúmenes a considerar para las zonas rurales. A continuación, se detallan:

- a) Volumen Compensador: El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimará en 15% del consumo promedio diario.

- b) Volumen de reserva: El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimará igual al 20 % del consumo promedio diario.

De tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimará igual al 35% del consumo promedio diario.

Debido a que es un tanque cilíndrico, se recomienda que la altura sea lo más similar al diámetro, el cual se determina con la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

D: Diámetro del tanque

V: Volumen total del tanque

3.10. Diseño de línea de impulsión

El procedimiento realizado fue el mismo para ambas comunidades. A continuación, se detalla:

1. Se determinó el diámetro, utilizando las siguientes fórmulas:

➤ Formula de Breese

$$D = 1.5 Q^{0.5} \quad (\text{Ecuación 8})$$

➤ Formula de Dracach

$$D = 0.9 Q^{0.45} \quad (\text{Ecuación 9})$$

➤ Formula de la velocidad económica

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (m^3/s)

V: 1.5 m/s

3.10.1. Cálculo de la carga total dinámica (CTD)

$$CTD = HE + \sum hf \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

HE: Carga Estática (m)

$\sum hf$: Sumatoria de pérdidas (m)

$$\sum hf = hf_{col.bomb} + hf_{desc} \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde:

$Hf_{col.bom}$: pérdida por columna de bombeo (5% de la altura de la columna)

$$hf_{desc} = 10.67 \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right) \quad (\text{Ecuación 13})$$

hf: pérdidas por fricción según el método de Hazen - Williams

C: Coeficiente de fricción de la tubería

L: longitud de la línea de impulsión

$$HE = H_{m\acute{a}x} - H_{min} \quad (\text{Ecuación 14})$$

$$H_{min} = \text{Nivel del terreno del pozo} - (NEA + N.reba. + Vari.Est.) \quad (\text{Ecuación 15})$$

Donde:

Hmax: Nivel de rebose del tanque (m)

NEA: Nivel estático del agua (m)

N.reba: Nivel de rebajamiento (m)

Vari. Est.: Variación estacionaria (m)

3.10.2. Cálculo de potencia de la bomba

$$HP = \frac{Q*CTD*\gamma}{75} \quad (\text{Ecuación 16})$$

HP: Potencia de la bomba

γ : peso específico del agua 1,000 kg/m³

$$Pf = \frac{HP}{\mu b} \quad (\text{Ecuación 17})$$

Pf: Potencia de freno

μb : Eficiencia de la bomba

$$PE = \frac{Pf}{\mu m} \quad (\text{Ecuación 18})$$

PE: Potencia Eléctrica

μm : Eficiencia del motor

Tabla 3. Eficiencia teórica de la bomba

Tabla Eficiencia teórica de la bomba									
Q (lps)	5	10	15	20	30	40	50	100	200
Eficiencia B (%)	52	66	68	71	80	84	85	87	88

Fuente: Gerson Vanegas. Verónica V. Galo Rocha. Mirtha Bravo Obando. María Laura Salinas R.

Tabla 4. Eficiencia teórica del motor

Tabla Eficiencia teórica del motor							
Hp	1-2	3-5	10-25	25-50	75-100	125-200	200-300
Eficiencia M (%)	75	80	85	87	91	92	93

Fuente: Gerson Vanegas. Verónica V. Galo Rocha. Mirtha Bravo Obando. María Laura Salinas R.

3.10.3. Selección de bomba

Una vez determinada la CTD y la potencia requerida por el sistema, es necesario hacer la selección de la bomba más adecuada, haciendo uso de los diferentes catálogos, en donde se observan las distintas curvas características de cada modelo de bomba.

Para seleccionar la bomba, se realizó una intersección entre la CTD y el caudal de bombeo, el cual, va en relación al volumen del tanque y las horas de bombeo que se efectuarán. En las ilustraciones 13 y 14, pág. 62 y 63, se muestra la curva característica para la selección de bomba de cada comunidad.

3.10.4. Revisión del golpe de ariete

Para el cálculo de sobrepresión por golpe de ariete, se ha adoptado la fórmula de N. Joukovsky (1898) que se escribe a continuación:

$$h_i = \frac{145v}{\sqrt{1 + \frac{EaD}{Ete}}} \quad (\text{Ecuación 19})$$

Donde:

H_i : sobrepresión de inercia por golpe de ariete (m)

V : velocidad del agua en la tubería (m/s)

E_a : Modulo de elasticidad del agua (kg/cm²)

D : diámetro interior de la tubería (cm)

e : espesor de la tubería (cm)

E_t : módulo de elasticidad del material de la tubería (kg/cm²)

3.10.4.1. Cálculo de sobrepresión en tubería

Una vez calculada la sobrepresión causada por el golpe de ariete, es necesario hacer una revisión para determinar presión resultante debido a éste, garantizando así que la tubería seleccionada resista satisfactoriamente las presiones.

$$P = CTD + h_i \quad (\text{Ecuación 20})$$

Donde:

P : presión interna de la tubería (m)

IV. CALCULOS Y RESULTADOS

5.1. Estudios preliminares

5.1.1. Análisis de censo

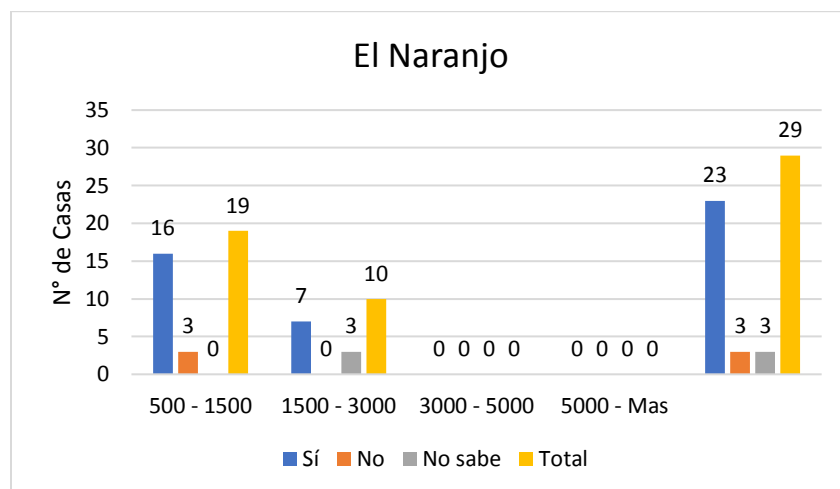
Tabla 5. Número de personas por comunidad

N° Personas por vivienda	N° de Viviendas		N° de personas	
	El Naranjo	El Avispero	El Naranjo	El Avispero
1	2	0	2	0
2	1	2	2	4
3	3	6	9	18
4	9	6	36	24
5	6	3	30	15
6	4	3	24	18
7	2	3	14	21
8	2	0	16	0
10	0	1	0	10
Total	29	24	133	110

Fuente: Propia

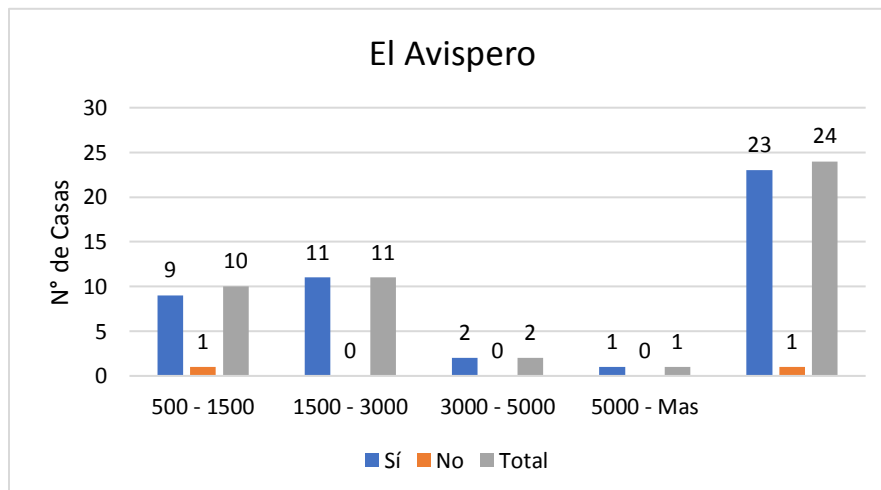
Se censaron un total de cincuenta y tres viviendas, veintinueve en El Naranjo y veinticuatro en El Avispero. Habiendo así, un total de 133 y 110 habitantes, respectivamente.

Ilustración 7. Poder adquisitivo vs disposición de pago de pobladores El Naranjo



Fuente: Propia

Ilustración 8. Poder adquisitivo vs disposición de pobladores El Avispero en construcción del proyecto



Fuente: Propia

La mayor parte de la población, tiene un poder adquisitivo dentro de rango de C\$500-C\$3000 mensuales. Cuarenta y seis personas en total de ambas comunidades, manifestaron estar de acuerdo con apoyar económicamente o con mano de obra en la construcción del proyecto.

5.1.2. Proyección de población

$r = 2.90\%$ (Tasa tomada de caracterización del municipio de Comalapa, realizada por la Alcaldía Municipal).

$n = 15$ años (Periodo de diseño económico para pozo perforado, líneas de conducción y red de distribución, ver tabla 1).

➤ El Naranjo

$P_o = 133$ personas

$P_n = 204$ personas

➤ El Avispero

$P_o = 110$ personas

$P_n = 169$ personas

Al ser mayor la población futura para El Avispero, el caudal de diseño también será mayor comparada a El Naranjo.

5.1.3. Variaciones de consumo

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para El Naranjo y El Avispero en cuanto a las variaciones de consumo que habrá en cada sistema.

➤ Ejemplo de cálculo para El Naranjo

$CPD = 68.40 \text{ lppd} * 204 \text{ personas}$

$CPD = 13,968.13 \text{ l/d}$

$CMD = 1.5CPD + \text{Pérdidas}$

$CMD = 1.5 (13,968.13 \text{ l/d}) + 2,793.63 \text{ l/d}$

$$\text{CMD} = 23,745.83 \text{ l/d}$$

$$\text{CMH} = 2.5 * \text{CMD} + \text{Pérdidas}$$

$$\text{CMH} = 2.5 (23,745.83 \text{ l/d}) + 2,793.63 \text{ l/d}$$

$$\text{CMH} = 62,158.19 \text{ l/d}$$

Tabla 6. Resultados de consumos promedios

Consumos	El Naranjo	El Avispero
CPD	13,968.13 l/d	10,843.22 l/d
CMD	23,745.83 l/d	18,433.48 l/d
CMH	62,158.19 l/d	48252.34 l/d

Fuente: Propia

5.2. Fuentes de abastecimiento

Las fuentes superficiales de la localidad, son insuficientes para suplir la demanda de la población, sobre todo, en época de verano, como solución, se decidió utilizar dos pozos, que actualmente, se encuentran dispuestos para el consumo de las comunidades. Estos se ubican dentro de cada comunidad y fueron construidos por el Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE) en coordinación con la Alcaldía de Comalapa. Al resultar una alternativa económica contar con esta construcción, se verificó si el agua de éstos es apta para ser distribuida a la población y que no existen más opciones a considerar.

5.3. Diseño de la red de abastecimiento

5.3.1. Cálculo de diámetros teóricos de la red

En la red de distribución de ambas comunidades, el diámetro calculado no existe en el mercado, se utilizará el diámetro comercial más cercano, correspondiente a 2”.

Tabla 7. Diámetros nominales en la comunidad El Naranjo

Tramo	Etiqueta de tubería	Longitud	Caudal	Diámetro Nominal	
			LPS	Mm	Pulg
Tanque - N1	T1	21.74	0.72	50	2
N1 - N9	P8	117.4	0.02	50	2
N1 - N8	P7	153.1	0.66	50	2
N8 - N10	P9	288.1	0.04	50	2
N7 - N8	P6	93.71	0.54	50	2
N7 - N11	P10	93.71	0.10	50	2
N5 - N7	P5	109.9	0.40	50	2
N11 - N12	P11	135.9	0.02	50	2
N11 - N13	P12	163.4	0.02	50	2
N5 - N6	P4	149.1	0.02	50	2
N3 - N5	P3	318.7	0.30	50	2
N3 - N14	P13	194.3	0.03	50	2
N3 - N4	P2	673.7	0.10	50	2

Fuente: Propia

Tabla 8. Diámetros nominales en la comunidad El Avispero

Tramo	Etiqueta de tubería	Longitud horizontal tramo (m)	Caudal (l/s)	Diámetro Nominal	
				(mm)	(plg)
Tanque - N3	T1	153.63	0.56	50	2
N3 - N4	P2	176.4	0.05	50	2
N3 - N7	P5	257.9	0.07	50	2
N1 - N3	P6	153.3	0.2	50	2
N1 - N2	P1	58.32	0.02	50	2
N1 - N8	P7	216.8	0.06	50	2

Fuente: Propia

5.3.2. Cálculo de demanda en los nodos

Tabla 9. Demanda de nodos comunidad El Naranjo

Nodo	Longitud equivalente (m)	Demanda (l/s)
N1	156.99	0.04
N3	593.35	0.17
N4	336.85	0.10
N5	288.85	0.08
N6	74.55	0.02
N7	148.66	0.04
N8	267.455	0.08
N9	58.7	0.02
N10	144.05	0.04
N11	196.505	0.06
N12	67.95	0.02
N13	81.7	0.02
N14	97.15	0.03

Fuente: Propia

Tabla 10. Demanda en nodos comunidad El Avispero

Nodo	Longitud equivalente (m)	Demanda (l/s)
N1	214.21	0.12
N2	29.16	0.02
N3	447.43	0.25
N4	88.2	0.05
N7	128.95	0.07
N8	108.4	0.06

Fuente: Propia

5.4. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento

➤ Comunidad El Naranjo

Volumen compensador = 15% CPD

$$\text{Volumen compensador} = 15\% \left(13,968.13 \frac{\text{l}}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Volumen compensador} = 2,095.22 \text{ l}$$

Volumen de reserva = 20% CPD

$$\text{Volumen de reserva} = 20\% \left(13,968.13 \frac{\text{l}}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Volumen de reserva} = 2,793.63 \text{ l}$$

Volumen de almacenamiento = Vol. compensador + Vol. de reserva

$$\text{Volumen de almacenamiento} = 2,095.22 \text{ l} + 2,793.63 \text{ l}$$

$$\text{Volumen de almacenamiento} = 4,888.85 \text{ l}$$

$$\text{Volumen de almacenamiento} = 4.89 \text{ m}^3$$

Cálculo de diámetro de tanque de almacenamiento

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 (4.89 \text{ m}^3)}{\pi}}$$

$$D = 1.84 \text{ m}$$

$$D = 1.84 \text{ m}, \text{ entonces altura útil} = 1.84 \text{ m}$$

$$\text{Altura tanque} = 1.84 \text{ m} + 0.20 \text{ m (para sedimentos)} + 0.50 \text{ m (para borde libre)}$$

$$\text{Altura tanque} = 2.54 \text{ m}$$

➤ **Comunidad El Avispero**

Volumen compensador = 15% CPD

Volumen compensador = 15% (10,843.22 l/d)

Volumen compensador = 1,626.48 l

Volumen de reserva = 20% (10,843.22 l/d)

Volumen de reserva = 2,168.64 l

Volumen de almacenamiento = 1,626.48 l + 2,168.64 l

Volumen de almacenamiento = 3,795.13 l

Volumen de almacenamiento = 3.80 m³

Cálculo de diámetro de tanque de almacenamiento

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 (3.80 \text{ m}^3)}{\pi}}$$

D = 1.69 m, entonces altura útil = 1.69 m

Altura tanque = 1.69 m + 0.20 m (para sedimentos) + 0.50m (para borde libre)

Altura tanque = 2.39 m

Tabla 11. Resumen de resultados para almacenamiento

Comunidad	Volumen compensador	Volumen de reserva	Volumen de almacenamiento	Diámetro	Altura
El Naranjo	2,095.22 l	2,793.63 l	4.89 m ³	1.84 m	2.34 m
El Avispero	1,626.48 l	2,168.64 l	3.80 m ³	1.69 m	2.19 m

Fuente: Propia

En la comunidad El Naranjo se requiere de un volumen de almacenamiento de 4.89 m³ y 3.80 m³ para El Naranjo, que equivalen a 4,888.85 l y 3,795.13 l, respectivamente. Debido a que el mercado no oferta tanques, específicamente para esos volúmenes, se ajustan a la opción de mayor volumen más cercana disponible, siendo ésta de 5,000 l.

5.5. Análisis hidráulico en EPANET

Las tablas que se muestran a continuación, corresponden a resultados obtenidos a través del programa EPANET, el cual fue utilizado para el análisis hidráulico de los sistemas de ambas comunidades. En las tablas 12 y 14, se muestran la elevación, demanda y presión en cada nodo y en las tablas 13 y 15 se presenta la información referente a cada tramo de tubería.

Tabla 12. Resultados para nodos red de distribución comunidad El Naranjo

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc n1	212.354	0.04	214.00	1.65
Junc n3	182.543	0.17	212.26	29.72
Junc n4	180.77	0.10	212.20	31.43
Junc n5	183.342	0.08	212.55	29.20
Junc n6	200.707	0.02	212.54	11.84
Junc n7	184.416	0.04	212.77	28.36
Junc n8	187.894	0.08	213.15	25.25
Junc n9	209.615	0.02	214.00	4.39
Junc n10	200.889	0.04	213.14	12.25
Junc n11	188.87	0.06	212.75	23.88
Junc n12	182.399	0.02	212.75	30.35
Junc n13	187.697	0.02	212.75	25.05
Junc n14	184	0.03	212.26	28.26
Tank DEP1	213.76	-0.72	214.76	1.00

Fuente: Propia

Tabla 13. Resultados para tuberías red de distribución El Naranjo

Link ID	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Friction Factor
Pipe p2	0.10	0.05	0.10	0.038
Pipe p3	-0.30	0.15	0.88	0.037
Pipe p4	0.02	0.01	0.01	0.057
Pipe p5	-0.40	0.20	2.06	0.049
Pipe p6	-0.54	0.28	3.98	0.052
Pipe p7	-0.66	0.34	5.61	0.049
Pipe p8	0.02	0.01	0.01	0.061
Pipe p9	0.04	0.02	0.02	0.050
Pipe p10	0.10	0.05	0.12	0.047
Pipe p11	0.02	0.01	0.01	0.058
Pipe p12	0.02	0.01	0.01	0.056
Pipe p13	-0.03	0.02	0.01	0.051
Pipe T1	0.72	0.37	34.78	0.254

Fuente: Propia

Tabla 14. Resultados para nodos red de distribución comunidad El Avispero

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc n1	200.143	0.12	246.86	46.72
Junc n2	212.184	0.02	246.86	34.68
Junc n3	196.09	0.25	246.91	50.82
Junc n4	194.562	0.05	246.91	52.34
Junc n7	198.789	0.07	246.90	48.11
Junc n8	192.482	0.06	246.86	54.37
Tank DEP1	246.939	-0.57	247.24	0.30

Fuente: Propia

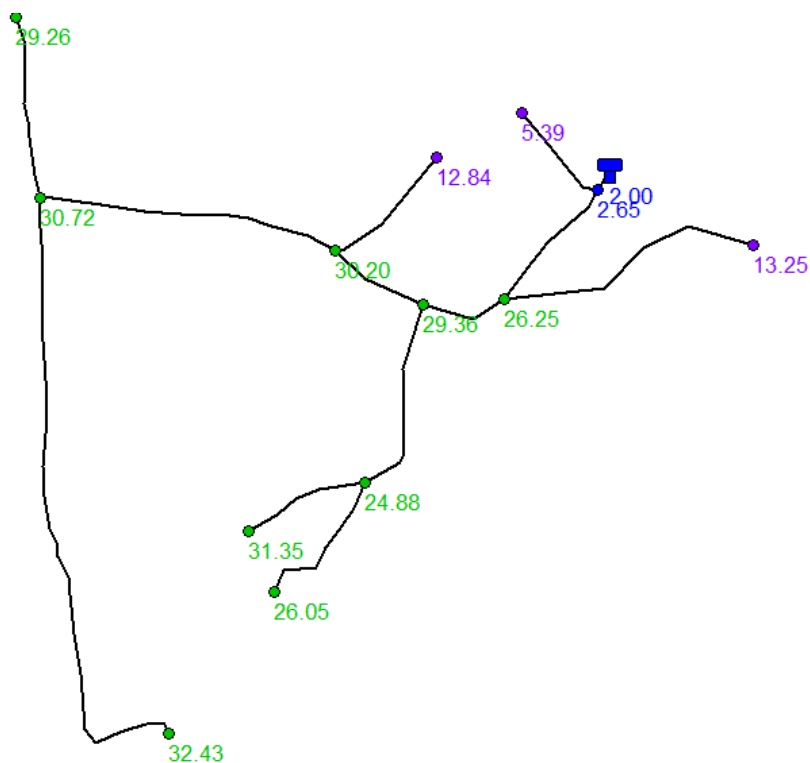
Tabla 15. Resultados para tuberías red de distribución comunidad El Avispero

Link ID	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Friction Factor
Pipe p1	0.02	0.01	0.00	0.039
Pipe p2	0.05	0.03	0.02	0.035
Pipe p5	0.07	0.04	0.04	0.034
Pipe p6	0.20	0.10	0.31	0.029
Pipe p7	0.06	0.03	0.03	0.035
Pipe T1	0.57	0.29	2.12	0.025

Fuente: Propia

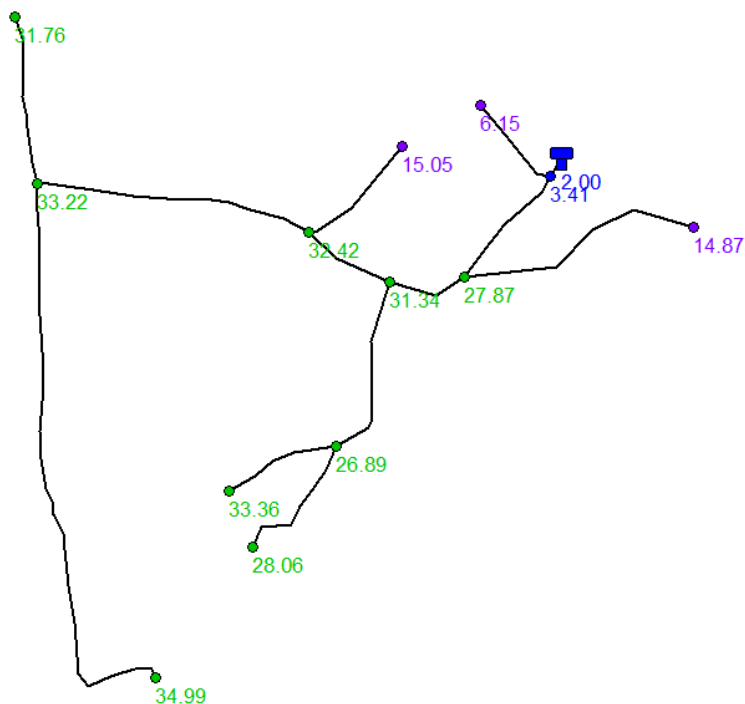
Como parte del análisis hidráulico, la ilustración 9, corresponde a la simulación de la red de distribución para la comunidad El Naranjo, realizado a través del programa EPANET con el caudal de diseño, siendo la mayor presión de 32.43 m.c.a.

Ilustración 9. Presiones en nodos de red de comunidad El Naranjo con caudal de diseño



Fuente: Propia

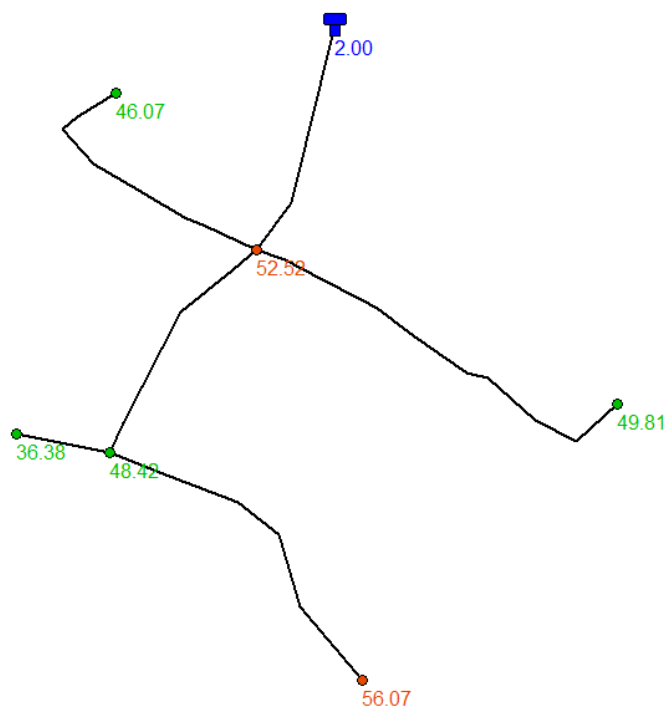
Ilustración 10. Presiones en nodos de red de comunidad El Naranjo, sin caudal.



Fuente: Propia

La ilustración 10, corresponde a la simulación de la red de distribución de comunidad El Naranjo, pero sin caudal, con lo cual podemos verificar que, por la noche, cuando no hay prácticamente consumo, las presiones no sobrepasarán la máxima permitida por la cédula de la tubería, la cual es de 112 m.c.a.

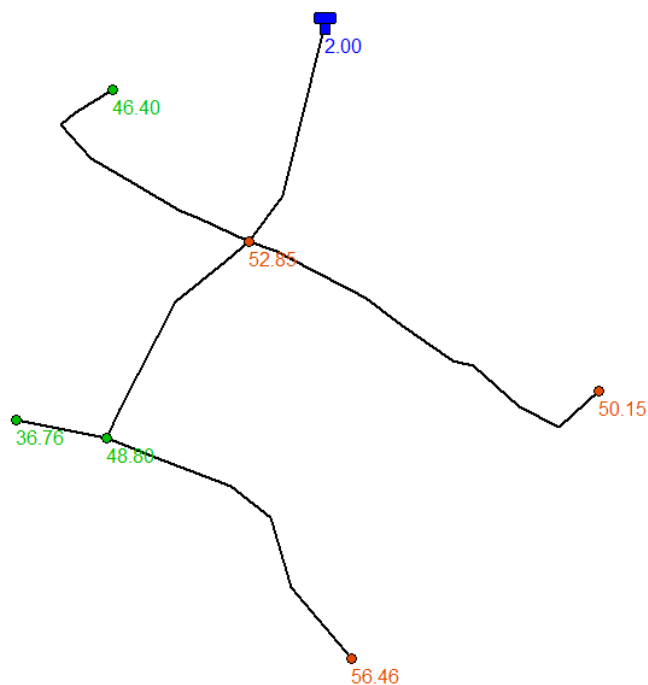
Ilustración 11. Presiones en nodos de red comunidad El Avispero con caudal de diseño



Fuente: Propia

En el caso de la comunidad El Avispero, la presión máxima en su red de distribución es de 56.07 m.c.a., realizando la simulación con el caudal de diseño.

Ilustración 12. Presiones en nodos de red de comunidad El Avispero sin caudal



Fuente: Propia

La ilustración 12, corresponde a la red de distribución de la comunidad El Avispero, en la cual se muestran las presiones para cada nodo cuando el caudal en las tuberías es nulo, obteniendo como presión mayor 56.46 m.c.a., lo cual es aceptable ya que es un valor menor al permitido por la tubería.

5.6. Cálculo de la línea de impulsión

5.6.1. Cálculo del diámetro de tubería

➤ Ejemplo de cálculo para El Naranjo

Utilizando la ecuación 8, fórmula de Breese:

$$D = 1.5 \left(0.00027 \frac{m^3}{s} \right)^{0.5}$$

$$D = 0.023 \text{ m} = 0.915 \text{ pulg}$$

Utilizando la ecuación 9, fórmula de Dracach:

$$D = 0.9 \left(0.00027 \frac{m^3}{s} \right)^{0.45}$$

$$D = 0.021 \text{ m} = 0.833 \text{ pulg}$$

Utilizando la ecuación 10, fórmula de la velocidad económica:

$$D = \sqrt{\frac{4 \left(0.00027 \frac{m^3}{s} \right)}{\pi \left(1 \frac{m}{s} \right)}}$$

$$D = 0.015 \text{ m} = 0.601 \text{ pulg}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (m^3/s)

V: 1 m/s

Tabla 16. Diámetro de tubería de impulsión

Fórmula	D. Calculado		D. Comercial		Velocidad	
	El Naranjo	El Avispero	El Naranjo	El Avispero	El Naranjo	El Avispero
Bresse	0.915 in	0.825 in	2 in	2 in	0.118 m/s	0.096 m/s
Dracach	0.833 in	0.758 in	2 in	2 in	0.118 m/s	0.096 m/s
Vel. Económica	0.736 in	0.790 in	2 in	2 in	0.118 m/s	0.096 m/s

Fuente: Propia

Con la aplicación de las diferentes fórmulas se determinó que el diámetro a utilizar para la línea de impulsión deber ser de 2 pulgadas, el cual es el diámetro mínimo, permitido por las normas.

5.6.2. Cálculo de la carga total dinámica

Datos generales:

Comunidad: El Naranjo

Horas de Bombeo = 16 h

Caudal de bombeo = $0.00027 \text{ m}^3/\text{s} = 3.849 \text{ gpm}$

Long. Línea de impulsión = 340.25 m

Diámetro de línea de impulsión = 2 in

Nivel de terreno del pozo (NTP) = 183.10 m

Nivel estático del agua (NEA) = 164.6 m

Nivel de rebajamiento = 158.20 m

Variación estacionaria = 159.6 m

Nivel de rebose del tanque ($H_{\text{máx}}$) = 215.26 m

$H_{\text{mín}}$ = 153.20 m

Comunidad: El Avispero

Horas de Bombeo = 16 h

Caudal de bombeo = $0.00021 \text{ m}^3/\text{s} = 3.33 \text{ gpm}$

Long. Línea de impulsión = 255.72 m

Diámetro de línea de impulsión = 2 plg

Nivel de terreno del pozo (NTP) = 193.37 m

Nivel estático del agua (NEA) = 189.87 m

Nivel de rebajamiento = 184.27 m

Variación estacionaria = 185.87 m

Nivel de rebose del tanque ($H_{\text{máx}}$) = 249.94 m

$H_{\text{mín}}$ = 180.43 m

Tabla 17. Accesorios de la sarta de bombeo para ambas comunidades

Hierro	Cantidad	L. equivalente (m)	Fuente: Propia	
Val. Check 2"	1	4.2	El Naranjo:	hf= 0.015 m
Val. Comp. 2"	1	0.3		
C 90° 2"	1	1.7		
Val. Aire 1"	1	8.2		
Val. Aliv. 1"	1	3.2		
Val. Comp. 1"	2	0.2	El Avispero:	hf= 0.010 m
Cruz reduc. 2"	1	2.8		
C 45°	1	0.8		
Total		21.4		

Fuente: Propia

Nota: Los elementos de la sarta de bombeo es la misma para ambas comunidades.

Tabla 18. Accesorios en línea de impulsión para El Avíspero y El Naranjo

Accesorios	El Avíspero		El Naranjo	
	Cantidad	Longitud equivalente (m)	Cantidad	Longitud equivalente (m)
C 45° 2"	3	3.6	2	2.4
C 90° 2"	6	15	5	12.5
Total		18.6		14.9
		hf = 0.006 m		hf = 0.008m

Fuente: Propia

Los accesorios para la línea de impulsión se determinaron a partir de los requerimientos que se presentaron en el trazo de la línea.

Ejemplo de cálculo para comunidad El Naranjo

Utilizando la ecuación 14, se obtiene:

$$H_e = H_{\text{máx}} - H_{\text{mín}}$$

$$H_e = 215.26 \text{ m} - 153.20 \text{ m}$$

$$H_e = 62.06 \text{ m}$$

Pérdida en línea de impulsión

Utilizando la ecuación 13:

$$hf = 10.67 \left(\frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{150} \right)^{1.852} \left(\frac{340.25 \text{ m}}{(0.05 \text{ m})^{4.87}} \right)$$

$$hf = 0.187 \text{ m}$$

Pérdida en columna de bombeo:

$$H_{f_{col.bom}} = 29.90m * 0.05$$

$$H_{f_{col.bom}} = 1.50m$$

$$\sum hf = 1.50m + 0.185m + 0.008m$$

$$\sum hf = 1.69m$$

Utilizando ecuación 11:

$$CTD = 62.06 m + 1.69 m$$

$$CTD = 63.75 m$$

Tabla 19. Resultados de cálculo de CTD

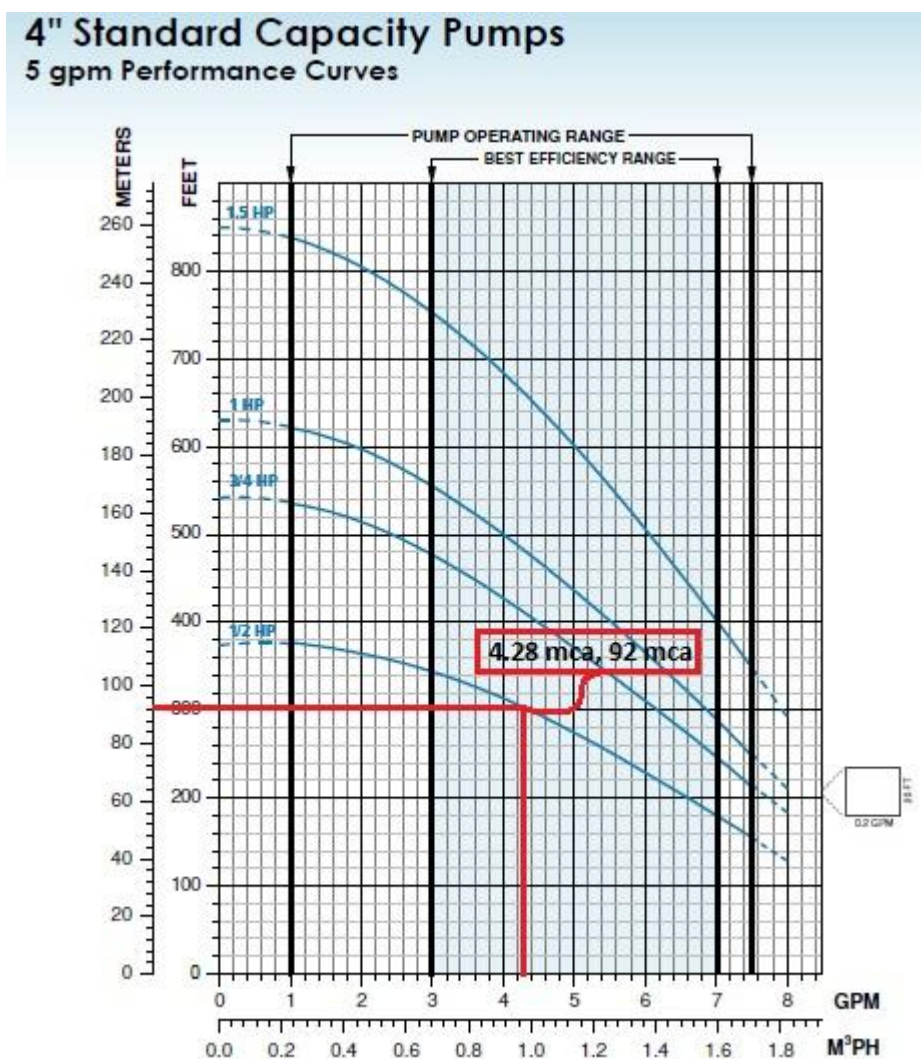
	El Naranjo	El Avispero
hf_{L.imp}	0.157 m	0.105 m
H_{min}	153.20 m	180.43 m
HE	60.560 m	69.510 m
CTD	60.73 m	69.63 m

Fuente: Propia

5.6.3. Selección de la bomba

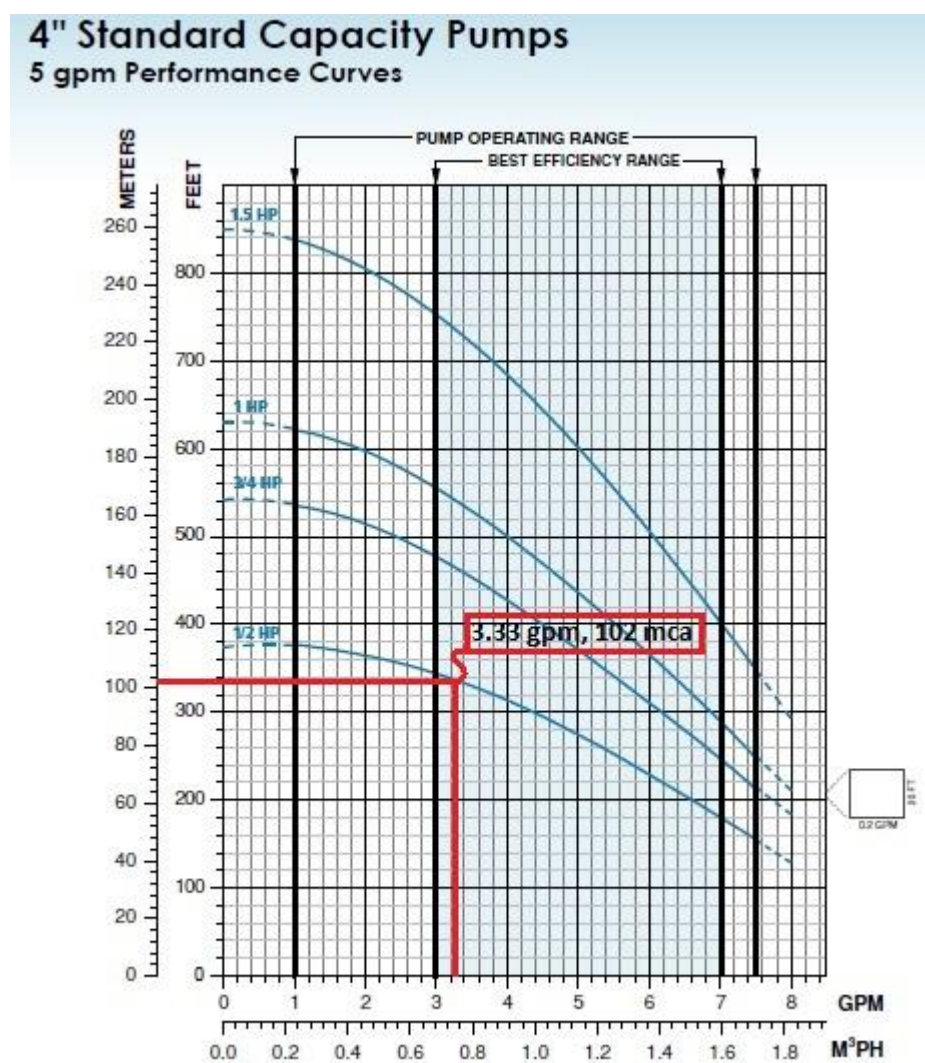
Como se puede observar en las ilustraciones 13 y 14, se seleccionaron dos bomba sumergibles de ½ hp de potencia, modelo 5WA05P4-2W115 (5 gpm, water hourse, 0.5 hp, 115 voltios) las cuales podran desarrollar una altura de presión de 92 mca para un caudal de 4.28 gpm (El Naranjo) y 102 mca para un caudal de 3.33 gpm (El Avispero).

Ilustración 13. Selección de bomba para comunidad El Naranjo



Fuente: Catálogo de bombas WaterHorse de Franklin Electric

Ilustración 14. Selección de bomba para comunidad El Avispero



Fuente: Catálogo de bombas WaterHorse de Franklin Electric

5.6.4. Revisión del golpe de ariete

Tabla 20. Datos para la revisión del golpe de ariete

	El Naranjo	El Avispero
Caudal de bombeo	0.00027 m ³ /s	0.00021 m ³ /s
Diámetro	0.050 m	0.050 m
Velocidad	0.140 m/s	0.109 m/s
E_a	20,670 kg/cm ²	20,670 kg/cm ²
E_t	28,100 kg/cm ²	28,100 kg/cm ²
E	0.02 m	0.02 m

Fuente: Propia

- Para comunidad El Naranjo

$$h_i = \frac{145(0.140 \text{ m/s})}{\sqrt{1 + \frac{(20,670 \text{ kg/cm}^2)(0.050 \text{ m})}{(28,100 \text{ kg/cm}^2)(0.02 \text{ m})}}}$$

$$h_i = 4.609$$

- Para comunidad El Avispero

$$h_i = \frac{145(0.109 \text{ m/s})}{\sqrt{1 + \frac{(20,670 \text{ kg/cm}^2)(0.050 \text{ m})}{(28,100 \text{ kg/cm}^2)(0.02 \text{ m})}}}$$

$$h_i = 3.577 \text{ m}$$

5.6.4.1. Sobrepresión en tubería

Utilizando la ecuación 20, se obtiene:

➤ **Para comunidad El Naranjo**

$$P = 63.77 \text{ m} + 4.605 \text{ m}$$

$$P = 68.375 \text{ m}$$

➤ **Para comunidad El Avispero**

$$P = 70.26 \text{ m} + 3.577 \text{ m}$$

$$P = 73.837$$

Dado que la válvula de alivio tendrá una eficiencia del 80%, el 20% restante de la carga del golpe de ariete, lo soportará la tubería. Según lo antes expresado la sobrepresión en la tubería será la siguiente:

➤ **Comunidad El Naranjo**

$$P = 63.77 \text{ m} + (4.609 * 0.20)$$

$$P = 64.69 \text{ m}$$

➤ **Comunidad El Avispero**

$$P = 70.261 \text{ m} + (3.577 \text{ m} * 0.20)$$

$$P = 70.97 \text{ m}$$

De acuerdo a los valores calculados, tanto para El Naranjo como El Avispero, la sobrepresión a la que estaría expuesta la tubería no es mayor que la presión interna que resisten las tuberías PVC SDR-26, la cual es de 112 m.c.a, por lo que éstas trabajaran satisfactoriamente y podrán soportar el golpe de ariete.

5.7. Desinfección por cloro

5.7.1. Cálculo de dosificación del cloro

En las tablas 21 y 22 se observa la dosificación de cloro, calculada en periodos de 5 años (periodo de vida útil del tanque clorinador). Se realizó para varios lapsos de tiempo, debido al crecimiento poblacional, que generará una demanda mayor a la actual, en cuanto al agua necesaria para abastecer a las comunidades, por lo tanto, se requerirá de más cloro para desinfectar el agua.

Además, se debe de garantizar cloro residual en las tuberías, durante todo el periodo de vida útil del sistema.

Comunidad: El Naranjo

Dosis promedio = 2 mg /lts

Concentración de solución madre = 1%

Concentración de solución comercial = 65%

Tabla 21. Dosificación del cloro para la comunidad El Naranjo

Año	CMD (GPD)	Volumen Cloro lb/día	Volumen Hipoclorito de Calcio		Volumen Solución lt/día	Dosificación	
			lb/día	gr/día		gotas/min	ml/min
2019	4092.41	0.06	0.10	46.41	4.64	64	3.22
2024	4721.24	0.07	0.12	53.55	5.35	74	3.72
2029	5446.69	0.08	0.14	61.77	6.18	86	4.29
2034	6283.62	0.10	0.16	71.26	7.13	99	4.95

Fuente: Propia

Comunidad: El Avispero:

Dosis promedio = 2 mg /lts

Concentración de solución madre = 1%

Concentración de solución comercial = 65%

Tabla 22. Dosificación de cloro para la comunidad El Avispero

Año	CMD	Volumen Cloro lb/día	Volumen Hipoclorito de Calcio		Volumen Solución lt/día	Dosificación	
			lb/día	gr/día		gotas/min	ml/min
2019	3175.26	0.05	0.08	36.01	3.60	50	2.50
2024	3663.16	0.06	0.09	41.55	4.15	58	2.88
2029	4226.03	0.06	0.11	47.93	4.79	67	3.33
2034	4875.40	0.07	0.12	55.29	5.53	77	3.84

Fuente: Propia

5.8. Elaboración de planos constructivos

Haciendo uso del software CIVIL 3D 2019, se realizaron los planos concernientes a los sistemas de abastecimiento de agua potable para las comunidades El Naranjo y El Avispero, en los cuales se reflejan las redes de distribución de ambos poblados, con las longitudes de tubería correspondientes a cada tramo, así mismo, los accesorios necesarios.

Además, se muestra un perfil longitudinal de la línea de impulsión de ambos sistemas, indicando la ubicación y elevación de la bomba y el tanque de almacenamiento, entre otros detalles para la sarta de bombeo y la construcción de la caseta de bombeo.

Los planos se encuentran ubicados en la sección de anexos, láminas 1-27.

5.9. Costos del proyecto

En base a los detalles mostrados en planos se realizó el presupuesto para cada uno de los sistemas, indicando en una tabla resumen las actividades por etapas de construcción, describiendo el material con su unidad de medida, así como la cantidad requerida y el costo unitario y total de éstos. Ver anexo 6, presupuesto sistema de abastecimiento comunidad El Naranjo y anexo 7, presupuesto sistema de abastecimiento comunidad El Avispero.

Tras realización de presupuesto de cada uno de los sistemas, se obtuvo lo siguiente: Para la comunidad El Naranjo, el sistema tiene un costo de C\$847,541.14, con el pago de impuesto, equivalente al 15% del costo mencionado, se obtiene el monto total de C\$974,672.31. Mismo procedimiento aplicado para comunidad El Avispero resulta en C\$ 679,945.74, sin impuesto, y en total C\$781,937.60.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.5. CONCLUSIONES

1. En ambas comunidades se diseñó un sistema de abastecimiento por separado, cuya fuente es un pozo perforado, el mismo funcionará con una línea de conducción, que impulsará el agua con ayuda de una bomba hasta un tanque sobre el suelo, del cual se llevará el líquido hasta la red de distribución por gravedad.
2. Con la ejecución del proyecto Sistema de agua potable para habitantes de comunidades El Avispero y El Naranjo del municipio de Comalapa, Chontales se beneficiarán un total de 373 personas, teniendo el sistema 15 años de vida útil.
3. Según el levantamiento topográfico realizado en comunidades El Naranjo y El Avispero, las redes de distribución funcionaran por gravedad, aprovechando la existencia de montañas con una elevación mayor a los asentamientos poblacionales. Cabe mencionar que, los ramales de la red se trazaron siguiendo la ubicación de las viviendas.
4. El análisis hidráulico de las redes se realizó mediante el programa EPANET, con éste, se obtuvieron los diámetros reales, las presiones en los nodos, velocidades y presiones en tuberías, teniendo en cuenta las normas del INAA para zonas rurales.
5. El sistema de abastecimiento para El Naranjo estará compuesto por una línea de conducción de 2" de diámetro, un clorinador para su tratamiento, un tanque de almacenamiento de 5,000 l de capacidad, además de la red de distribución, comprendida por tuberías de PVC.
6. El sistema de abastecimiento para El Avispero estará compuesto por una línea de conducción de 2" de diámetro, un clorinador para su tratamiento, un tanque

de almacenamiento de 5,000 l de capacidad, más la red de distribución comprendida por tuberías de PVC.

7. En los resultados de análisis de calidad de agua, realizados a las fuentes de abastecimiento de las comunidades, se puede observar, que el único parámetro en incumplir con la normativa CAPRE, es el bacteriológico. Por ende, se determinó que el tratamiento para la potabilización del agua se realizará mediante la adición de cloro, lo cual se realizará con un clorinador, cuyo tanque es de 50 gal de capacidad, ver en anexo 5, análisis de calidad de agua para pozos de cada comunidad.
8. El costo del sistema de abastecimiento para la comunidad El Naranjo asciende a C\$ 974,672.31 y para la comunidad El Avispero es de C\$ 781,937.60. Ver anexo 6, presupuesto sistema de abastecimiento comunidad El Naranjo y anexo 7, presupuesto sistema de abastecimiento comunidad El Avispero.

5.6. RECOMENDACIONES

1. Con el propósito de promover las prácticas de ahorro y cuidado del agua, se recomienda impartir charlas relacionadas con este tema y con las mejoras en la calidad de vida de la población. Esto con el fin de que las comunidades ayuden al resguardo y protección del equipo, las instalaciones y lo que representa en conjunto el proyecto.
2. Proteger la fuente de agua, reforestando las áreas aledañas a ésta, así mismo, realizar monitoreos periódicos al caudal de los pozos.
3. Gestionar proyectos para el tratamiento de agua negras, ya que parte de la población, ni siquiera cuentan con letrina, de modo que realizan sus necesidades fisiológicas al aire libre.

VI. Bibliografía

- Alcaldía Municipal de Comalapa. (2012). *Caracterización Municipal de Comalapa, Chontales*. Comalapa.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (s.f.). *ACADEMIA*. Obtenido de ACADEMIA: www.academia.edu
- Empresa de Acueductos y Alcantarillados, ENACAL. (Diciembre de 2008). *International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies*. Obtenido de International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies: <http://www.ifrc.org/docs/IDRL/Nicaragua/Estrategia-Sectorial-Agua-potable.pdf>
- Gersón Vanegas, Verónica Galo Rocha, Mirtha Bravo Obando & María Laura Salinas. (2011). *Diseño de Miniacueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) Comunidad: Sonrisa de Dios*.
- Guía de Orientación en Saneamiento Básico para Alcaldías de Municipios Rurales y Pequeñas Comunidades*. (s.f.). Obtenido de Guía de Orientación en Saneamiento Básico para Alcaldías de Municipios Rurales y Pequeñas Comunidades: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-3sas.htm>
- Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (s.f.). *Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural y Saneamiento Básico Rural*.
- Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (s.f.). *Normas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento y Potabilización del Agua*.
- Lahlou, Z. M. (2009). Golpe de Ariete. *Tecnología en breve*, 4.
- Maldonado, J. Á. (s.f.). *Transporte, distribución de agua potable y drenaje de aguas residuales*. Managua.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía para el diseño de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua*. Lima.

Terán, J. M. (México). Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Veracruz.

ANEXOS

Anexo 1. Formato de censo aplicado a comunidades



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION

Región Central Juigalpa

Censo poblacional:

Comunidades El Naranjo y El Avispero, Comalapa, Chontales

Introducción

Estudiantes egresados de la carrera de ingeniería civil estamos realizando este censo como parte del proceso de realización de nuestra tesis, titulada “Diseño de sistema de agua potable para habitantes de comunidades El Avispero y El Naranjo del municipio de Comalapa, Chontales”.

Objetivo:

- Recopilar información sobre la población de las comunidades El Avispero y El Naranjo en el municipio de Comalapa.

I. Datos generales

1. Municipio _____
2. Comunidad _____
3. No. Teléfono _____
4. No. De personas que habitan en la vivienda ____

II. Datos de la vivienda

(Encierre en un círculo el inciso de la respuesta)

1. ¿Cuál es el principal material de construcción de la vivienda?

- a. Madera
- b. Zinc
- c. Piedra cantera, ladrillo o bloque de concreto
- d. Adobe

2. La vivienda es:

- a. Propia
- b. Alquilada o arrendada

- c. Cedida por un pariente o amigo

3. ¿Cuántas familias habitan en la vivienda?

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. Más

4. El agua que utilizan proviene de:

- a. Pozos excavados o perforados
- b. Ríos o vertientes
- c. Red pública (Si marcó aquí conteste la siguiente pregunta)
- d. Inciso a y b

5. ¿Cómo considera la calidad del servicio de agua potable?

- a. Excelente
- b. Buena
- c. Regular
- d. Mala

6. ¿Con cuáles de las siguientes enfermedades se han visto afectados?

- a. Diarrea
- b. Dengue
- c. Chikungunya
- d. Zika
- e. Leptospirosis

7. ¿Con qué tipo de saneamiento cuenta?

- a. Letrina
- b. Inodoro con sumidero
- c. Defecación al aire libre

8. ¿Se encuentra dispuesto a contribuir económicamente, o con mano de obra, a la realización de un proyecto de agua potable para su comunidad?

- a. Sí
- b. No

III. Registro de personas que habitan en la vivienda

(En las categorías de “Sexo”, “Trabaja” y “rango de ingreso mensual” marque con una “X” la opción correspondiente)

N°	Nombres y apellidos	Edad	Sexo		Trabaja		Rango de ingreso mensual (C\$)			
			Mujer	Varón	Sí	No	500 – 1,500	1,500 – 3,000	3,000 – 5,000	5,000 – más
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

Cuántos son niños _____

Cuántos son adultos _____

Anexo 2. Niveles de calidad de aguas para tipo 1

Parámetro	Límite de rango	
	Categoría 1A	Categoría 1B
Oxígeno disuelto (OD)	> 4.0 mg/l (*)	> 4.0 mg/l (*)
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO _{5,20})	2.0 mg/l	5.0 mg/l
Ph	mín. 6.0 y máx. 8.5	mín. 6.0 y máx. 8.5
Color real	< 15 U Pt-Co	< 150 U Pt-Co
Turbiedad	< 5 UNT	< 250 UNT
Fluoruros	mín 0.7 y máx. 1.5	< 1.7 mg/l
Hierro total	0.3 mg/l	3 mg/l
Mercurio total	0.001 mg/l	0.01 mg/l
Plomo total	0.01 mg/l	0.05 mg/l
Sólidos totales disueltos	1000 mg/l	1500 mg/l
Sulfatos	250 mg/l	400 mg/l
Zinc	3 mg/l	5 mg/l
Cloruros	250 mg/l	600 mg/l
Organismos Colif. Totales	(**)	(***)

Fuente: Normativa Técnica Obligatoria Nicaragüense

Anexo 3.Tabla 23. Parámetros bacteriológicos

Origen	Parámetro	Valor recomendado	Valor máximo admisible	Observaciones
A. Todo tipo de agua de bebida.	Coliforme fecal	Neg	Neg	En muestras no consecutivas. En muestras puntuales. No debe ser detectado en el 95% de las muestras anuales (C).
B. Agua que entra al sistema de distribución.	Coliforme fecal	Neg	Neg	
	Coliforme total	Neg	≤ 4	
	Coliforme total	Neg	≤ 4	
C. Agua en el sistema de distribución	Coliforme fecal	Neg	Neg	

Fuente: Norma Regional CAPRE

Anexo 4.Tabla 24. Parámetros fisicoquímicos

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración iones hidrógeno	Valor de pH	6.5 a 8.5 (a)	
Cloro residual	mg/l	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/l	25	250
Conductividad	µS/cm	400	-
Dureza	mg/l CaCO ₃	400	-
Sulfatos	mg/l	25	250
Aluminio	mg/l	-	0.2
Calcio	mg/l CaCO ₃	100	-
Cobre	mg/l	1	2
Magnesio	mg/l CaCO ₃	30	50
Sodio	mg/l	25	200
Potasio	mg/l	-	10
Sol. Tot. Dis.	mg/l	-	1000
Zinc	mg/l	-	3

Fuente: Norma Regional CAPRE

Anexo 5. Análisis de calidad de agua para pozos de cada comunidad



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!

2018
UNIDOS EN POR GRACIA
VICTORIAS! de Dios!

INTERESADO:	PROYECTO DE AGUA EL NARANJO Y AVISPERO	FECHA CAPT :	05/12/18
DEPARTAMENTO	CHONTALES	HORA CAPT :	AM
MUNICIPIO:	COMALAPA	PRESERV:	SI
COMUNIDAD	NARANJO Y AVISPERO	TIPO FUENTE	SUBTERRANEAS
PUNTO DE CAPTACION:	SALIDA DE BOMBAS		

RESULTADOS

PARAMETRO	FUENTE EL NARANJO	FUENTE EL AVISPERO	NORMAS CAPRE
TEMPERATURA	26	26	18-30 °C
pH	8.20	7.47	6.5-8.5
COND. ELECTRICA	209	477	1000 µS/cm
TURBIEDAD	3	0.5	5 NTU
COLOR	1	0	15 UC
SOLID. DISUELTOS	105	240	400 mg/l CaCO ₃
ALCALINIDAD	-	-	400 mg/l
COLOR RESIDUAL	0	0.0	0.5 A3 mg/l
HIERRO	0.15	0.0	0.3 Mg/l
BACTERIOLOGICO	55	45	0 A 10 colonias 100ML
ARSENICO TOTAL	5	3	10 µg/l

Nota: Como se observa en los resultados de las muestratodos los parámetrosdentro de las NORMAS. El análisis Bacteriológico (Coli/fecales) fue realizado por filtración de Membrana de 45mm y 0.45 µm. Con Resultado de 55 y 45 Coliformes fecales en 100ml de Agua. El Arsénico fue realizado con Arsenator con resultados de 3 µg/l.

Recomendaciones: Requiere tratamiento con la cloración para las bacterias.



Atentamente

Miguel Meza Hurtado

Resp. Lab. Regional ENACAL SUR

CC: Archivo

Fuente: Empresa Nicaragüenses de Acueductos y Alcantarillado (ENACAL-Juigalpa)

Anexo 6. Presupuesto sistema de abastecimiento comunidad El Naranjo

Etapas	Actividades	U/M	Cantidad	Costo	C. Total
0,10	PRELIMINARES				
1	Limpieza inicial (Predio del pozo y predio del tanque).	m2	200.00	30.00	6,000.00
2	Trazo y nivelación de línea de conducción, distribución y conexión de patio (con topografía).	glb	4,231.00	8.00	33,848.00
0,20	TUBERIAS (Accesorios)				
1	Tubería PVC Diám. 2"(SDR-26) (No incluye excavación), línea de conducción y distribución.	m	2,951.00	70.00	206,570.00
2	Tubería galvanizada. Diá.2" (SDR-26), línea de distribución (No incluye excavación).	m	38.00	300.00	11,400.00
3	Tubería PVC Diám.1/2"(SDR-26) para línea de distribución a las viviendas.	m	1,280.00	17.00	21,760.00
5	Pruebas hidrostáticas proy. A.P Hasta 4" hasta 300 ml.	c/u	10.00	3,500.00	35,000.00
6	Reductores PVC. Diá. 2" a 1/2" (SDR.26) para conexión de patio.	c/u	32.00	300.00	9,600.00
7	Codos (Accesorios)PVC Diá. 1/2" para conexión de patio	c/u	64.00	40.00	2,560.00
8	Llaves de pase de 1/2" (Metálicas) para conexión de patio.	c/u	32.00	250.00	8,000.00
9	Llaves de 1/2" (Metálicas) para conexión de patio.	c/u	32.00	250.00	8,000.00
10	Válvula de alivio	c/u	3.00	600.00	1,800.00
11	Válvula de limpieza de bronce 1 1/4" Metálicas.	c/u	3.00	700.00	2,100.00
12	Llaves de pase de 2" (Metálicas) para línea de distribución y tanque de almacenamiento.	c/u	6.00	600.00	3,600.00
13	Tubo PVC Diá.=6" (SDR-26) para hacer cajas de registro donde se colocarán las llaves de pase de la línea de conducción y distribución.	c/u	6.00	300.00	1,800.00
0,30	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1	Excavación en terreno natural para caseta	m3	2.39	250.00	597.50
2	Relleno y compactación con material selecto	m3	1.36	300.00	408.00
3	Acarreo de material selecto	m3	1.77	500.00	885.00
4	Botar material de excavación	m3	1.34	500.00	670.00

Etapa	Actividades	U/M	Cantidad	Costo	C. Total
0,40	CASETA PARA POZO Y CLORACIÓN				
1	Construcción de caseta de bloques de 6" x 8"	m2	31.26	800.00	25,008.00
2	Hierro estándar de 3/8"	lb	574.75	25.00	14,368.75
3	Hierro estándar de 1/4"	lb	370.43	23.00	8,519.89
4	Formaleta para caseta de control del pozo	m2	27.00	500.00	13,500.00
5	Repello corriente	m	79.64	230.00	18,317.20
6	Arenillado fino	m	79.64	230.00	18,317.20
0,50	PISOS				
1	Conformación y compactación	m2	16.15	25.00	403.75
2	Cascote para piso de 2500 PSI	m2	16.15	700.00	11,305.00
3	Fino sobre piso (Rallado tipo ladrillo rojo).	m2	16.15	180.00	2,907.00
4	Cascote para losa de concreto de 2,500 PSI para fijar tanque de almacenamiento de agua.	m2	9.00	1,700.00	15,300.00
0,60	PUERTAS Y VENTANAS				
1	Puerta metálica de 1.20mx2.10m estruc. Tubo cuadra	c/u	1.00	7,560.00	7,560.00
	do 1 1/2"x1 1/2"forro de lámina metálica negra y pintura anti/C				
2	Puerta de madera solida con marco y herrajes y pintura	c/u	1.00	6,000.00	6,000.00
2	Ventana de bloque decorativo de concreto.	c/u	1.00	1,500.00	1,500.00
0,70	TECHOS Y FASCIA				
1	Estructura metálica para techo (Perling 2" x 4" x 1/16)	m2	18.81	200.00	3,762.00
2	Cubierta de lámina de zinc corrugada Cal. 26	m2	18.81	250.00	4,702.50
3	Cumbrera de lámina de zinc liso Cal. 26	m	4.95	250.00	1,237.50
0,80	PINTURA PARA CASETA DEL POZO				
1	Pintura para caseta del pozo en vigas y columnas, exteriores e interiores.	m2	79.64	35.00	2,787.40
2	Pintura para estructura metálica de techo.	m2	18.81	45.00	846.45
0,90	INSTALACIÓN DE TANQUE PARA AGUA POTABLE				
1	Tanque plástico de 5,000 l de almacenamiento de agua potable con sus accesorios.	c/u	1.00	53,000.00	53,000.00

Etapa	Actividades	U/M	Cantidad	Costo	C. Total
100	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BOMBA SUMERGIBLE				
1	Bomba con motor de 2 hp sumergible para pozo perforado (Accesorios de instalación: Sarta de 2" Ho Go de acuerdo a especificaciones técnicas).	glb	1.00	50,000.00	50,000.00
	INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
1	Red de distribución primaria (Con poste de luz).	glb	1.00	47,000.00	47,000.00
2	Paneles y subpaneles	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
3	Tomacorrientes	c/u	2.00	600.00	1,200.00
4	Apagadores dobles	c/u	1.00	600.00	600.00
5	Canalización y cableado (alambre solido #2)	glb	1.00	4,500.00	4,500.00
6	Lámparas sencillas	c/u	2.00	1,050.00	2,100.00
	TRATAMIENTO				
1	Clorinador con bomba dosificadora eléctrica	c/u	1.00	15,000.00	15,000.00
2	Tanque dosificador de cloro	c/u	1.00	1,200.00	1,200.00
	CERCADO DEL PREDIO				
1	Cerco con postes de madera de 2.50 m acerrada de corazón con alambre de púas calibre 13 y grapas del cercado (predio del tanque).	m	40.00	500.00	20,000.00
2	Cerco de malla ciclón de 6 pie con tubo HoGo de 1 1/2" con ariostes con 45° de ángulo, puerta de acceso (Pozo).	m	40.00	3,000.00	120,000.00
	LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL				
1	Placa conmemorativa del proyecto	glb	1.00	12,000.00	12,000.00
2	Limpieza y entrega final	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
				SUB - TOTAL C\$:	847,541.14
				IMPUESTO IVA 15%	127,131.17
				COSTO TOTAL C\$:	974,672.31

Fuente: Propia

Anexo 7. Presupuesto sistema de abastecimiento comunidad El Avispero

Etapas	Actividades	U/M	Cantidad	Costo	C. Total
0,10	PRELIMINARES				
1	Limpieza inicial (Predio del pozo y predio del tanque).	m2	200.00	30.00	6,000.00
2	Trazo y nivelación de línea de conducción, distribución y conexión de patio (con topografía).	glb	2,321.70	8.00	18,573.60
0,20	TUBERIAS (Accesorios)				
1	Tubería PVC Diám. 2"(SDR-26)(No incluye excavación), línea de conducción y distribución.	m	1,271.70	70.00	89,019.00
2	Tubería galvanizada. Diá.2" (SDR-26), línea de distribución (No incluye excavación).	m	13.00	300.00	3,900.00
3	Tubería PVC Diám.1/2"(SDR-26) para línea de distribución a las viviendas.	m	1,050.00	17.00	17,850.00
5	Pruebas hidrostáticas proy. A.P Hasta 4" hasta 300 ml.	c/u	4.00	3,500.00	14,000.00
6	Reductores PVC. Diá. 2" a 1/2" (SDR.26) para conexión de patio.	c/u	30.00	300.00	9,000.00
7	Codos (Accesorios)PVC Diá. 1/2" para conexión de patio	c/u	60.00	40.00	2,400.00
8	Llaves de pase de 1/2" (Metálicas) para conexión de patio.	c/u	30.00	250.00	7,500.00
9	Llaves de 1/2" (Metálicas) para conexión de patio.	c/u	30.00	250.00	7,500.00
10	Válvula de alivio	c/u	2.00	600.00	1,200.00
11	Válvula de limpieza de bronce 1 1/4" Metálicas.	c/u	3.00	700.00	2,100.00
12	Llaves de pase de 2" (Metálicas) para línea de distribución y tanque de almacenamiento.	c/u	6.00	600.00	3,600.00
13	Tubo PVC Diá.=6" (SDR-26) para hacer cajas de registro donde se colocarán las llaves de pase de la línea de conducción y distribución.	c/u	6.00	300.00	1,800.00
0,30	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1	Excavación en terreno natural para caseta	m3	2.39	250.00	597.50
2	Relleno y compactación con material selecto	m3	1.36	300.00	408.00
3	Acarreo de material selecto	m3	1.77	500.00	885.00
4	Botar material de excavación	m3	1.34	500.00	670.00

Etapas	Actividades	U/M	Cantidad	Costo	C. Total
0,40	CASETA PARA POZO Y CLORACIÓN				
1	Construcción de caseta de bloques de 6" x 8"	m2	31.26	800.00	25,008.00
2	Hierro estándar de 3/8"	lb	574.75	25.00	14,368.75
3	Hierro estándar de 1/4"	lb	370.43	23.00	8,519.89
4	Formaleta para caseta de control del pozo	m2	27.00	500.00	13,500.00
5	Repello corriente	m	79.64	230.00	18,317.20
6	Arenillado fino	m	79.64	230.00	18,317.20
0,50	PISOS				
1	Conformación y compactación	m2	16.15	25.00	403.75
2	Cascote para piso de 2500 PSI	m2	16.15	700.00	11,305.00
3	Fino sobre piso (Rallado tipo ladrillo rojo).	m2	16.15	180.00	2,907.00
4	Cascote para losa de concreto de 2,500 PSI para fijar tanque de almacenamiento de agua.	m2	9.00	1,700.00	15,300.00
0,60	PUERTAS Y VENTANAS				
1	Puerta metálica de 1.20mx2.10m estruc. Tubo cuadra do 1 1/2"x1 1/2"forro de lámina metálica negra y pintura anti/C	c/u	1.00	7,560.00	7,560.00
2	Puerta de madera solida con marco y herrajes y pintura	c/u	1.00	6,000.00	6,000.00
2	Ventana de bloque decorativo de concreto.	c/u	1.00	1,500.00	1,500.00
0,70	TECHOS Y FASCIA				
1	Estructura metálica para techo (Perling 2" x 4" x 1/16)	m2	18.81	200.00	3,762.00
2	Cubierta de lámina de zinc corrugada Cal. 26	m2	18.81	250.00	4,702.50
3	Cumbrera de lámina de zinc liso Cal. 26	m	4.95	250.00	1,237.50
0,80	PINTURA PARA CASETA DEL POZO				
1	Pintura para caseta del pozo en vigas y columnas, exteriores e interiores.	m2	79.64	35.00	2,787.40
2	Pintura para estructura metálica de techo.	m2	18.81	45.00	846.45

Etapas	Actividades	U/M	Cantidad	Costo	C. Total
0,90	INSTALACIÓN DE TANQUE PARA AGUA POTABLE				
1	Tanque plástico de 5,000 l. de almacenamiento de agua potable con sus accesorios.	c/u	1.00	53,000.00	53,000.00
100	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BOMBA SUMERGIBLE				
1	Bomba con motor de 2 hp sumergible para pozo perforado (Accesorios de instalación: Sarta de 2" Ho Go de acuerdo a especificaciones técnicas).	glb	1.00	50,000.00	50,000.00
	INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
1	Red de distribución primaria (Con poste de luz)	glb	1.00	47,000.00	47,000.00
2	Paneles y subpaneles	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
3	Tomacorrientes	c/u	2.00	600.00	1,200.00
4	Apagadores dobles	c/u	1.00	600.00	600.00
5	Canalización y cableado (alambre solido #2)	glb	1.00	4,500.00	4,500.00
6	Lámparas sencillas	c/u	2.00	1,050.00	2,100.00
	TRATAMIENTO				
1	Clorinador con bomba dosificadora eléctrica	c/u	1.00	15,000.00	15,000.00
2	Tanque dosificador de cloro	c/u	1.00	1,200.00	1,200.00
	CERCADO DEL PREDIO				
1	Cerco con postes de madera de 2.50 m acerrada de corazón con alambre de púas calibre 13 y grapas del cercado (predio del tanque).	m	40.00	500.00	20,000.00
2	Cerco de malla ciclón de 6 pie con tubo HoGo de 1 1/2" con arriostres con 45° de ángulo, puerta de acceso (Pozo).	m	40.00	3,000.00	120,000.00
	LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL				
1	Placa conmemorativa del proyecto	glb	1.00	12,000.00	12,000.00
2	Limpieza y entrega final	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
				SUB - TOTAL C\$:	679,945.74
				IMPUESTO IVA 15%	101,991.86
				COSTO TOTAL C\$:	781,937.60

Fuente: Propia

